

07.10.2004

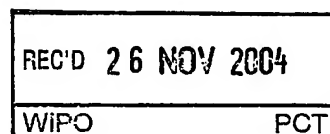
日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 3 年 1 0 月 8 日

出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 3 - 3 4 8 9 6 1
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 3 4 8 9 6 1]



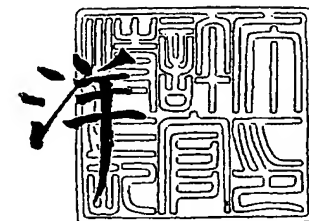
出 願 人
Applicant(s): 株式会社ニコン

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 1 1 月 1 1 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



BEST AVAILABLE COPY.

【書類名】 特許願
【整理番号】 0300971
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G02B 25/00
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株式会社ニコン内
 【氏名】 西 健爾
【特許出願人】
 【識別番号】 000004112
 【氏名又は名称】 株式会社ニコン
 【代表者】 嶋村 輝郎
【代理人】
 【識別番号】 100094846
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 細江利昭
 【電話番号】 (045)411-5641
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 049892
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1

【書類名】特許請求の範囲

【請求項 1】

光束放出方向に直交した 2 次元発光型の第 1 光電素子から放出された光を、リレー光学系を介して左右両目に対し独立した第 1、第 2 の光拡散体に投影し、同光拡散体の透過像をそれぞれに対応した第 1、第 2 の接眼光学系を介して視野角 $\pm 22.5^\circ$ 以上の広域像で眼球内の網膜上に投影し結像させる画像表示装置であって、前記第 1、第 2 光拡散体像の中心間距離は 5.5 ~ 7.5 cm 内であり、前記第 1、第 2 の接眼光学系は、それぞれ眼球の水晶体から 1 枚又は複数枚の凸レンズ、貼り合せレンズの順で少なくとも 2 枚のレンズで構成され、前記凸レンズのレンズ面の内少なくとも 1 面がコーニック定数 $K < 0$ のコーニック面であり、かつ、前記貼り合せレンズの貼り合せ部は前記光拡散体側に凸面とされ、かつ、前記貼り合せレンズの色分散は前記光拡散体側のレンズの方が大きくされていることを特徴とする画像表示装置。

【請求項 2】

光束放出方向に直交した 2 次元発光型の第 1 光電素子から放出された光を、リレー光学系を介して左右両目に対し独立した第 1、第 2 の光拡散体に投影し、同光拡散体の透過像をそれぞれに対応した第 1、第 2 の接眼光学系を介して視野角 $\pm 22.5^\circ$ 以上の広域像で眼球内の網膜上に投影し結像させる画像表示装置であって、前記第 1、第 2 光拡散体像の中心間距離は 5.5 ~ 7.5 cm 内であり、前記第 1、第 2 の接眼光学系は、それぞれ眼球の水晶体から 1 枚又は複数枚の凸レンズ、貼り合せレンズの順で少なくとも 2 枚のレンズで構成され、前記凸レンズのレンズ面の内少なくとも 1 面がコーニック定数 $K < 0$ のコーニック面であり、かつ、前記貼り合せレンズの貼り合せ部は前記光拡散体側に凹面とされ、かつ、前記貼り合せレンズの色分散は前記光拡散体側のレンズの方が小さくされていることを特徴とする画像表示装置。

【請求項 3】

光束放出方向に直交した 2 次元発光型の第 1 光電素子から放出された光を、リレー光学系を介して左右両目に対し独立した第 1、第 2 の光拡散体に投影し、同光拡散体の透過像をそれぞれに対応した第 1、第 2 の接眼光学系を介して視野角 $\pm 22.5^\circ$ 以上の広域像で眼球内の網膜上に投影し結像させる画像表示装置であって、前記第 1、第 2 光拡散体像の中心間距離は 5.5 ~ 7.5 cm 内であり、前記第 1、第 2 の接眼光学系は、それぞれ眼球の水晶体から 1 枚又は複数枚の凸レンズ、貼り合せレンズの順で少なくとも 2 枚のレンズで構成され、前記凸レンズのレンズ面の内少なくとも 1 面がコーニック定数 $K < 0$ のコーニック面であり、かつ、前記貼り合せレンズの貼り合せ部は少なくとも 2 箇所あり、前記光拡散体に近い貼り合せ面が、前記光拡散体側に凹面とされ、もう一方の貼り合せ面は、前記光拡散体側に凸面とされ、前記貼り合せ部真ん中のレンズの色分散は、両サイドのレンズの色分散よりも大きくされていることを特徴とする画像表示装置。

【請求項 4】

光束放出方向に直交した 2 次元発光型の第 1 光電素子から放出された光を、リレー光学系を介して左右両目に対し独立した第 1、第 2 の光拡散体に投影し、同光拡散体の透過像をそれぞれに対応した第 1、第 2 の接眼光学系を介して視野角 $\pm 22.5^\circ$ 以上の広域像で眼球内の網膜上に投影し結像させる画像表示装置であって、前記第 1、第 2 光拡散体像の中心間距離は 5.5 ~ 7.5 cm 内であり、前記第 1、第 2 の接眼光学系は、それぞれ眼球の水晶体から 1 枚又は複数枚の凸レンズ、貼り合せレンズの順で少なくとも 2 枚のレンズで構成され、前記凸レンズのレンズ面の内少なくとも 1 面がコーニック定数 $K < 0$ のコーニック面であり、かつ、前記貼り合せレンズの貼り合せ部は少なくとも 2 箇所あり、前記光拡散体に近い貼り合せ面が、前記光拡散体側に凸面とされ、もう一方の貼り合せ面は、前記光拡散体側に凹面とされ、前記貼り合せ部真ん中のレンズの色分散は両サイドのレンズの色分散より小さくされていることを特徴とする画像表示装置。

【請求項 5】

前記凸レンズのレンズ面の内少なくとも 1 面がコーニック定数 $K < -1$ のコーニック面であることを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のうちいずれか 1 項に記載の画像表示装置。

【請求項 6】

光束放出方向に直交した 2 次元発光型の第 1 光電素子から放出された光を、リレー光学系を介して左右両目に対し独立した第 1、第 2 の光拡散体に投影し、同光拡散体の透過像をそれぞれに対応した第 1、第 2 の接眼光学系を介して視野角 $\pm 22.5^\circ$ 以上の広域像で眼球内の網膜上に投影し結像させる画像表示装置であって、前記第 1、第 2 光拡散体像の中心間距離は $5.5 \sim 7.5 \text{ cm}$ 内であり、前記第 1、第 2 の接眼光学系は、それぞれ眼球の水晶体から 1 枚又は複数枚の凸レンズ、貼り合せレンズの順で少なくとも 2 枚のレンズで構成され、前記貼り合せレンズの貼り合せ部は前記光拡散体側に凸面とされ、かつ、前記貼り合せレンズの色分散は前記光拡散体側のレンズの方が大きくされ、さらに、前記光拡散体は前記貼り合せレンズ方向に凹面形状の曲面とされていることを特徴とする画像表示装置。

【請求項 7】

光束放出方向に直交した 2 次元発光型の第 1 光電素子から放出された光を、リレー光学系を介して左右両目に対し独立した第 1、第 2 の光拡散体に投影し、同光拡散体の透過像をそれぞれに対応した第 1、第 2 の接眼光学系を介して視野角 $\pm 22.5^\circ$ 以上の広域像で眼球内の網膜上に投影し結像させる画像表示装置であって、前記第 1、第 2 光拡散体像の中心間距離は $5.5 \sim 7.5 \text{ cm}$ 内であり、前記第 1、第 2 の接眼光学系は、それぞれ眼球の水晶体から 1 枚又は複数枚の凸レンズ、貼り合せレンズの順で少なくとも 2 枚のレンズで構成され、前記貼り合せレンズの貼り合せ部は前記光拡散体側に凹面とされ、かつ、前記貼り合せレンズの色分散は前記光拡散体側のレンズの方が小さくされ、さらに、前記光拡散体は前記貼り合せレンズ方向に凹面形状の曲面とされていることを特徴とした画像表示装置。

【請求項 8】

前記凸レンズのレンズ面の内少なくとも 1 面がコーニック定数 $K < 0$ のコーニック面であることを特徴とする請求項 6 又は請求項 7 に記載の画像表示装置。

【請求項 9】

前記凸レンズのレンズ面の内少なくとも 1 面がコーニック定数 $K < -1$ のコーニック面であることを特徴とする請求項 8 に記載の画像表示装置。

【請求項 10】

前記第 1、第 2 の接眼光学系の光学的中心及び前記第 1、第 2 の光拡散体への投影画像中心の間隔が、眼幅と等しくなるように、これら 2 個の接眼光学系及び投影画像中心の間隔が調整可能とされていることを特徴とする請求項 1 から請求項 9 のうちいずれか 1 項に記載の画像表示装置。

【請求項 11】

前記リレー光学系が、前記第 1 光電素子の前記光拡散体への投影倍率を可変とするものであり、前記光拡散体へ入射する各光束の主光線は、は拡大からび縮小の段階で、拡散の方向から収束の方向へ変化する非テレセントリックであり、かつ、前記光拡散体から放出され、前記眼球の瞳まで達する主光線は、前記光拡散体から放出されるときに収束方向に傾いていることを特徴とする請求項 1 から請求項 10 のうちいずれか 1 項に記載の画像表示装置。

【請求項 12】

前記光を拡散する光拡散体が、金属酸化物や金属炭化物のミクロングレードで精密に粒径が管理された砥粒を透過板上にコーティングした透過型拡散板であることを特徴とする請求項 1 から請求項 11 のうちいずれか 1 項に記載の画像表示装置。

【請求項 13】

前記砥粒が、シリコンカーバイド、酸化クロム、酸化スズ、酸化チタン、酸化マグネシウム、酸化アルミニウムのうちの少なくとも一つであり、前記透過板はポリエステルフィルムであることを特徴とする請求項 12 項に記載の画像表示装置。

【請求項 14】

前記第 1 光電素子と光束が直交するように設置された 2 次元発光型の第 2 光電素子を有すると共に、前記第 1 光電素子から放出された光を前記光拡散体へ投影する前記リレー光学

系の中に、前記第 1、第 2 の光拡散体に光束を分割して導く光分割器を有し、前記光分割器には、前記第 2 光電素子からの光束が、前記第 1 光電素子から放出された光束と直交して入射するようにされ、かつ、前記光分割器は、前記第 1 光電素子、前記第 2 光電素子からの光を分割すると共に、分割された前記第 1 光電素子と前記第 2 光電素子の光束を合成して、それぞれ、前記第 1、第 2 の光拡散体に導く機能を有することを特徴とする請求項 1 から請求項 13 のうちいずれか 1 項に記載の画像表示装置。

【請求項 15】

前記第 1 光学素子から射出された光束が、ミラーで反射されて使用者の眼に至るまでのミラーの反射回数と、前記第 2 光学素子から射出された光束が、ミラーで反射されて使用者の眼球に至るまでのミラーの反射回数との差が、0 又は偶数であることを特徴とする請求項 14 に記載の画像表示装置。

【請求項 16】

前記第 1 光電素子から射出された光束が、ミラーで反射されて使用者の右眼に至るまでのミラーの反射回数と、ミラーで反射されて使用者の左眼に至るまでのミラーの反射回数との差が、0 又は偶数であり、かつ、前記第 2 光電素子から射出された光束が、ミラーで反射されて使用者の右眼に至るまでのミラーの反射回数と、ミラーで反射されて使用者の左眼に至るまでのミラーの反射回数との差が、0 又は偶数であることを特徴とする請求項 14 又は請求項 15 に記載の画像表示装置。

【請求項 17】

前記第 1、第 2 の接眼光学系の光学的中心及び前記第 1、第 2 の光拡散体への投影画像中心の間隔が、眼幅と等しくなるように、これら 2 個の接眼光学系及び投影画像中心の間隔が調整可能とされ、かつ、これら 2 個の接眼光学系及び投影画像中心の間隔を調整した場合に、前記第 1 光電素子から使用者の眼に至る光学距離、及び前記第 2 の光学素子から使用者の眼に至る光学距離が、それぞれ変化しないように調整する、光学距離調整機構が設けられていることを特徴とする請求項 14 から請求項 16 のうちいずれか 1 項に記載の画像表示装置。

【請求項 18】

前記第 1 光電素子から放出された光を前記光拡散体へ投影する前記リレー光学系が、前記光拡散体に投影する光束の前記光拡散体への投影倍率を可変とするものであり、かつ、倍率を変化させた際の前記第 1 光電素子及び、前記第 2 光電素子からそれぞれ前記光拡散体に投影された画面の照度をほぼ一致させるための照度可変機構を有していることを特徴とする請求項 14 から請求項 17 のうちいずれか 1 項に記載の画像表示装置。

【請求項 19】

前記第 1 光電素子は透過型又は反射型の液晶デバイス素子であり、G、B、R の色に応じた 3 枚の液晶素子と当該液晶素子を照明する照明系を有し、当該照明系は G、B、R の発光 LED の出力を均一化する均一化光学系であることを特徴とする請求項 1 から請求項 18 のうちいずれか 1 項に記載の画像表示装置。

【請求項 20】

前記均一化光学系は高輝度 LED をそれぞれ G、B、R の LED 毎に複数個有し、これら複数個の LED 発光部よりの光を、光ファイバーを用いて集光し、集光した光で前記液晶素子を照明することを特徴とする請求項 19 に記載の画像表示装置。

【請求項 21】

前記第 1 光電素子は透過型又は反射型の液晶デバイス素子であり、G、B、R の色に応じた 3 枚の液晶素子と当該液晶素子を照明する照明系を有し、当該照明系は G、B、R の冷陰極管であることを特徴とする請求項 1 から請求項 18 のうちいずれか 1 項に記載の画像表示装置。

【請求項 22】

前記均一化光学系は冷陰極管をそれぞれ G、B、R の色毎に複数個有し、これら複数個の冷陰極管よりの光を、光ファイバーを用いて集光し、集光した光で前記液晶素子を照明することを特徴とする請求項 21 に記載の画像表示装置。

【請求項 23】

前記画像表示装置の少なくとも一部が、使用者以外の部分に支持されており、前記使用者の顔面にも接触し、前記使用者の顔面の動きに応じて移動可能とされていることを特徴とする請求項 1 から請求項 22 のうちいずれか 1 項に記載の画像表示装置。

【請求項 24】

左右両方の眼球に対応して、少なくともそれぞれ独立した部分を有する光学系を有し、画像を前記左右のそれぞれの眼球内に投影させる画像表示装置であって、前記光学系の独立した部分は、前記眼球側から 1 枚又は複数枚の凸レンズ、貼り合わせレンズの順で少なくとも 2 枚のレンズで構成され、前記凸レンズうち最も眼球側の凸レンズの眼球から遠い方の面は、コーニック定数 $K < 0$ のコーニック面とされていることを特徴とする画像表示装置。

【請求項 25】

前記貼り合わせレンズは、前記光学系の独立した部分の、最も前記画像を形成する画像形成面側に設けられていることを特徴とする請求項 24 に記載の画像表示装置。

【書類名】明細書

【発明の名称】画像表示装置

【技術分野】

【0001】

本発明は眼球に近接させて使用する画像表示装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

画像表示装置には、テレビ、パソコン、プロジェクター、ビデオカメラ、携帯電話等多くの種類が存在するが、これら従来の画像表示のディスプレイは大きさに制限があり、実際に人の眼で見えるような広域の画像をディスプレイから得ることはできなかった。

【0003】

一方、人が持ち運び可能なディスプレイとしては、ウェアラブルディスプレイと呼ばれる眼鏡型ディスプレイや頭部支持型ディスプレイが知られている。ウェアラブルディスプレイとしては、図22(a)に示すような視界の一部に小さいハーフミラー40を配置し、プラズマディスプレイや液晶等の画像出力素子39から出力された画像を、投影光学系38を介して前記ハーフミラー40により偏向し、眼球の網膜に投影する方法が知られている。この方法はハーフミラーを用いているので、視界の一部に画像出力素子39から出力された画像が浮かんで見えるような方式(第1タイプ)である。しかし、視界角度としては数°程度しか得られない。このタイプのウェアラブルディスプレイの用途としては、携帯電話の画面情報の提示等が考えられている。

【0004】

一方、もう少し大きい画像情報を得る手法としては、図22(b)に示すようなものがある。これは、眼球の手前に大きな光学素子41を配置し、複数の反射面及び投影光学系42を介して、画像出力素子39から出力された画像を眼球の網膜に投影するものである。このようなタイプでは、比較的大きな視界角度(15~22.5°程度)が得られるが、視界を完全に遮るタイプのものしか提案されていない。従って、使用方法として、片方の眼の前に脱着可能なように設置し、ウェアラブルパソコンとしてのディスプレイに用いる方式のもの(第2タイプ)か、両眼に独立に同画像表示装置を設置して、テレビやプロジェクターの代わりとして使用する方式のもの(第3タイプ)が提案されている。

【0005】

【特許文献1】特開平7-244246号公報

【特許文献2】特開2001-311910号公報

【特許文献3】特開平7-128612号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上記従来技術における3タイプは、それぞれ携帯電話、ノートパソコン、テレビやプロジェクターに代わるウェアラブルディスプレイとして期待されていた。しかし、実際にはウェアラブルというメリットはあるものの、ディスプレイの視野の大きさでは従来のディスプレイとあまり差がなく、装備するときの面倒や視界を遮られることによる目の疲れ、耳や頭に搭載する重量等を考えると、デメリットが目立つという欠点があった。更に、大きな視野角度を有するものでも±15~22.5°程度であり、臨場感を得ることはできなかった。

【0007】

一方、重量が大きくなることを前提として、複数のレンズを接眼レンズとして用い、大きな視野角度を得る方法を記載した方法としては、特開平7-244246号公報や特開2001-311910号公報に記載されるもの等があり、これらのものでは、±22.5°以上の視野角を得ることができる。しかし、これらのものは、あくまでも眼球を動かさない状態で広い視野角度が取れるというものであり、眼球を動かした時に発生する水晶体の接眼レンズ中心からのずれや、そのときの色収差について十分に考慮されてはいない

【0008】

また、この種の大きな視野角を有する装置では、接眼光学系が大きい形状となるため、重量も増し、もはや頭部にディスプレイを搭載するHMD型やメガネのように鼻と耳で重量を支えるメガネ型ディスプレイでは重量的に整合しないという不都合がある。

【0009】

本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであり、人間が見る視界に近い、大きな視界角度を有し、更に、眼球を動かした時に発生する水晶体の接眼レンズ中心からのずれに対しても、その時の色収差においても、十分に良好な画像を提供できる画像表示装置を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

前記課題を解決するための第1の手段は、光束放出方向に直交した2次元発光型の第1光電素子から放出された光を、リレー光学系を介して左右両目に対し独立した第1、第2の光拡散体に投影し、同光拡散体の透過像をそれぞれに対応した第1、第2の接眼光学系を介して視野角 $\pm 22.5^\circ$ 以上の広域像で眼球内の網膜上に投影し結像させる画像表示装置であって、前記第1、第2光拡散体像の中心間距離は5.5～7.5cm内であり、前記第1、第2の接眼光学系は、それぞれ眼球の水晶体から1枚又は複数枚の凸レンズ、貼り合せレンズの順で少なくとも2枚のレンズで構成され、前記凸レンズのレンズ面の内少なくとも1面がコーニック定数 $K < 0$ のコーニック面であり、かつ、前記貼り合せレンズの貼り合せ部は前記光拡散体側に凸面とされ、かつ、前記貼り合せレンズの色分散は前記光拡散体側のレンズの方が大きくされていることを特徴とする画像表示装置（請求項1）である。

【0011】

後に発明を実施するための最良の形態の欄で詳しく説明するが、左右の眼に画像を伝達し、かつ、左右の眼用の光学系の位置が干渉しないようにするためには、第1、第2光拡散体像の中心間距離は5.5～7.5cm内とする必要がある。この条件下で、従来不可能であった視野角 $\pm 22.5^\circ$ 以上の広域像で眼球内の網膜上に投影し結像させることを実現させるためには、なるべく水晶体に近い位置に凸レンズを置いて、比較的近い範囲からのそれぞれの光束の主光線が、凸レンズの作用により大きな角度差を持って水晶体に入るようにすることが必要である。よって、本手段においては、水晶体に近い場所に、1枚又は複数枚の凸レンズを配置する構成とし、この部分には凹レンズを設けないようにする。

【0012】

そして、この場合に、瞳の横シフト（以下「キョロ目」、「キョロ目動作」と呼ぶことがある。）を行っても、良好な像を得るために、凸レンズの周辺で発生する非点収差を改善する必要がある。そのために、凸レンズのレンズ面の内少なくとも1面を、コーニック定数 $K < 0$ のコーニック面としている。さらにこの構成によって発生する色収差を改善するために、凸レンズの光拡散体側に貼り合わせレンズを設けている。

【0013】

特に、第1、第2の接眼光学系では、眼球側に非球面の凸レンズを配置して、眼球の瞳に大きな角度で各主光線が入射するようにしているので、光拡散体における各光束の主光線の傾きは、比較的小さい。そこで、光拡散体に近い所に貼り合わせレンズを使用することで、貼り合せ面における入射角度も差ほど小さくなり、良好に色収差を補正できるようになる。

【0014】

貼り合わせレンズにより色収差を改善するためには、色分散の大きなレンズ側に向かって貼り合せ面を凸とする必要があるので、本手段においては、貼り合せレンズの貼り合せ部を、前記光拡散体側に凸面し、貼り合せレンズの色分散は、前記光拡散体側のレンズの方が大きくなるようにされている。

【0015】

これにより、光学系の大きさを大きくせず、視野角を大きくすることができ、かつ、非点収差、色収差をはじめ、各収差の小さい光学系とすることができる。又、貼り合わせレンズに入射する光を非テレセントリックとして、視野角を広げた場合に、像が観察可能なようにするために、第1光電素子からの光を、一旦光拡散体上に結像させ、中間像から拡散した光が眼球に入るようにしている。

【0016】

前記課題を解決するための第2の手段は、光束放出方向に直交した2次元発光型の第1光電素子から放出された光を、リレー光学系を介して左右両目に対し独立した第1、第2の光拡散体に投影し、同光拡散体の透過像をそれぞれに対応した第1、第2の接眼光学系を介して視野角 $\pm 22.5^\circ$ 以上の広域像で眼球内の網膜上に投影し結像させる画像表示装置であって、前記第1、第2光拡散体像の中心間距離は5.5～7.5cm内であり、前記第1、第2の接眼光学系は、それぞれ眼球の水晶体から1枚又は複数枚の凸レンズ、貼り合せレンズの順で少なくとも2枚のレンズで構成され、前記凸レンズのレンズ面の内少なくとも1面がコーニック定数 $K < 0$ のコーニック面であり、かつ、前記貼り合せレンズの貼り合せ部は前記光拡散体側に凹面とされ、かつ、前記貼り合せレンズの色分散は前記光拡散体側のレンズの方が小さくされていることを特徴とする画像表示装置（請求項2）である。

【0017】

本手段においては、貼り合せレンズの貼り合せ部を前記光拡散体側に凹面としているので、これに伴い、貼り合せレンズの色分散は、前記光拡散体側のレンズの方を小さくしていることが異なるのみであり、作用効果は前記第1の手段と同じである。

【0018】

前記課題を解決するための第3の手段は、光束放出方向に直交した2次元発光型の第1光電素子から放出された光を、リレー光学系を介して左右両目に対し独立した第1、第2の光拡散体に投影し、同光拡散体の透過像をそれぞれに対応した第1、第2の接眼光学系を介して視野角 $\pm 22.5^\circ$ 以上の広域像で眼球内の網膜上に投影し結像させる画像表示装置であって、前記第1、第2光拡散体像の中心間距離は5.5～7.5cm内であり、前記第1、第2の接眼光学系は、それぞれ眼球の水晶体から1枚又は複数枚の凸レンズ、貼り合せレンズの順で少なくとも2枚のレンズで構成され、前記凸レンズのレンズ面の内少なくとも1面がコーニック定数 $K < 0$ のコーニック面であり、かつ、前記貼り合せレンズの貼り合せ部は少なくとも2箇所あり、前記光拡散体に近い貼り合せ面が、前記光拡散体側に凹面とされ、もう一方の貼り合せ面は、前記光拡散体側に凸面とされ、前記貼り合せ部真ん中のレンズの色分散は、両サイドのレンズの色分散よりも大きくされていることを特徴とする画像表示装置（請求項3）である。

【0019】

本手段においては、色収差のさらなる改善を図るために、貼り合せレンズの貼り合せ部は少なくとも2箇所設けているだけで、前記第1の手段、第2の手段と基本的な作用効果は異ならない。この場合、貼り合せ部真ん中のレンズの色分散を、両サイドのレンズの方よりも大きくしていることに伴い、貼り合せ面は真ん中のレンズに向かって凸面となるように、すなわち真ん中のレンズが凹レンズとなるようにされている。通常、貼り合わせレンズは3枚十分であるが、4枚以上を使用する場合は、両端のレンズを除くレンズの組み合わせを上記1枚の真ん中のレンズと等価なレンズ系とすればよい。

【0020】

前記課題を解決するための第4の手段は、光束放出方向に直交した2次元発光型の第1光電素子から放出された光を、リレー光学系を介して左右両目に対し独立した第1、第2の光拡散体に投影し、同光拡散体の透過像をそれぞれに対応した第1、第2の接眼光学系を介して視野角 $\pm 22.5^\circ$ 以上の広域像で眼球内の網膜上に投影し結像させる画像表示装置であって、前記第1、第2光拡散体像の中心間距離は5.5～7.5cm内であり、前記第1、第2の接眼光学系は、それぞれ眼球の水晶体から1枚又は複数枚の凸レンズ、

貼り合せレンズの順で少なくとも2枚のレンズで構成され、前記凸レンズのレンズ面の内少なくとも1面がコーニック定数 $K < 0$ のコーニック面であり、かつ、前記貼り合せレンズの貼り合せ部は少なくとも2箇所あり、前記光拡散体に近い貼り合せ面が、前記光拡散体側に凸面とされ、もう一方の貼り合せ面は、前記光拡散体側に凹面とされ、前記貼り合せ部真ん中のレンズの色分散は、両サイドのレンズの色分散より小さくされていることを特徴とする画像表示装置（請求項4）である。

【0021】

本手段においては、貼り合せ部真ん中のレンズの色分散を、両サイドのレンズの色分散より小さくしているので、それに伴い、貼り合せ面は真ん中のレンズに向かって凹面となるように、すなわち真ん中のレンズが凸レンズとなるようにされていることが、第3の手段と異なるのみであり、作用効果は、前記第3の手段と同じである。

【0022】

前記課題を解決するための第5の手段は、前記第1の手段から第4の手段のいずれかであって、前記凸レンズのレンズ面の内少なくとも1面がコーニック定数 $K < -1$ のコーニック面であることを特徴とするもの（請求項5）である。

【0023】

本手段においては、凸レンズのレンズ面の内少なくとも1面を、コーニック定数 $K < -1$ のコーニック面としているので、レンズ周辺での収差をさらに改善することができる。よって、凸レンズの曲率を上げることができるようになり、凸レンズとして屈折率が低いもので色分散の小さいものを使用可能となる。これにより、色消し用の貼り合わせレンズの設計が容易になる。

【0024】

前記課題を解決するための第6の手段は、光束放出方向に直交した2次元発光型の第1光電素子から放出された光を、リレー光学系を介して左右両目に対し独立した第1、第2の光拡散体に投影し、同光拡散体の透過像をそれぞれに対応した第1、第2の接眼光学系を介して視野角 $\pm 22.5^\circ$ 以上の広域像で眼球内の網膜上に投影し結像させる画像表示装置であって、前記第1、第2光拡散体像の中心間距離は5.5～7.5cm内であり、前記第1、第2の接眼光学系は、それぞれ眼球の水晶体から1枚又は複数枚の凸レンズ、貼り合せレンズの順で少なくとも2枚のレンズで構成され、前記貼り合せレンズの貼り合せ部は前記光拡散体側に凸面とされ、かつ、前記貼り合せレンズの色分散は前記光拡散体側のレンズの方が大きくされ、さらに、前記光拡散体は前記貼り合せレンズ方向に凹面形状の曲面とされていることを特徴とする画像表示装置（請求項6）である。

【0025】

本手段においては、光拡散体は貼り合せレンズ方向のある方向から見て凹面形状の曲面とされていることが最大の特徴である。光拡散体をこのような曲面とすることで、光拡散体から貼り合わせレンズに向かう光束が収束方向となる場合であっても、光拡散体の寸法を大きくしなくて済む。よって、光拡散体から貼り合わせレンズに向かう光束が収束方向となるような光束を使用することができ、その分、凸レンズの像倍率を小さくすることができる。これにより、ディストーションや収差の発生を小さくすることができ、又、屈折率が小さく色分散の小さい硝材を凸レンズとして使用することができるので、色消しも容易となる。

【0026】

前記課題を解決するための第7の手段は、光束放出方向に直交した2次元発光型の第1光電素子から放出された光を、リレー光学系を介して左右両目に対し独立した第1、第2の光拡散体に投影し、同光拡散体の透過像をそれぞれに対応した第1、第2の接眼光学系を介して視野角 $\pm 22.5^\circ$ 以上の広域像で眼球内の網膜上に投影し結像させる画像表示装置であって、前記第1、第2光拡散体像の中心間距離は5.5～7.5cm内であり、前記第1、第2の接眼光学系は、それぞれ眼球の水晶体から1枚又は複数枚の凸レンズ、貼り合せレンズの順で少なくとも2枚のレンズで構成され、前記貼り合せレンズの貼り合せ部は前記光拡散体側に凹面とされ、かつ、前記貼り合せレンズの色分散は前記光拡散体側のレンズの方が小さくされ、さらに、前記光拡散体は前記貼り合せレンズ方向に凹面形状

の曲面とされていることを特徴とした画像表示装置（請求項 7）である。

【0027】

本手段においては、貼り合わせレンズの構成が前記第 6 の手段と異なるのみであり、前記第 6 の手段と同じ作用効果を奏する。

【0028】

前記課題を解決するための第 8 の手段は、前記第 6 の手段又は第 7 の手段であって、前記凸レンズのレンズ面の内少なくとも 1 面がコーニック定数 $K < 0$ のコーニック面であることを特徴とするもの（請求項 8）である。

【0029】

本手段においては、凸レンズのレンズ面の内少なくとも 1 面がコーニック定数 $K < 0$ のコーニック面とされているので、凸レンズの周辺で発生する非点収差を改善することができる。

前記課題を解決するための第 9 の手段は、前記第 8 の手段であって、前記凸レンズのレンズ面の内少なくとも 1 面がコーニック定数 $K < -1$ のコーニック面であることを特徴とするもの（請求項 9）である。

【0030】

本手段においては、凸レンズのレンズ面の内少なくとも 1 面がコーニック定数 $K < -1$ のコーニック面とされているので、凸レンズの周辺で発生する非点収差を、さらに改善することができる。

【0031】

前記課題を解決するための第 10 の手段は、前記第 1 の手段から第 9 の手段のいずれかであって、前記第 1、第 2 の接眼光学系の光学的中心及び前記第 1、第 2 の光拡散体への投影画像中心の間隔が、眼幅と等しくなるように、これら 2 個の接眼光学系及び投影画像中心の間隔が調整可能とされていることを特徴とするもの（請求項 10）である。

【0032】

本手段においては、第 1、第 2 の接眼光学系の光学的中心及び第 1、第 2 の光拡散体への投影画像中心の間隔が、眼幅と等しくなるように、これら 2 個の接眼光学系及び投影画像中心の間隔が調整可能とされているので、使用者の眼幅に応じて調整を行うことにより、常に、使用者の両目の中心に、第 1、第 2 の接眼光学系の光学的中心及び第 1、第 2 の光拡散体への投影画像中心を位置させることが可能となる。

【0033】

前記課題を解決するための第 11 の手段は、前記第 1 の手段から第 10 の手段のいずれかであって、前記リレー光学系が、前記第 1 光電素子の像の前記拡散体への投影倍率を可変とするものであり、前記光拡散体へ入射する各光線の主光線は拡大から縮小の段階で拡散の方向から収束の方向へ変化する非テレセントリックであり、かつ、前記拡散体から射出され、前記眼球の瞳まで達する主光線は、前記拡散体から射出されるときに収束方向に傾いていることを特徴とするもの（請求項 11）である。

【0034】

本手段においては、リレー光学系が、光拡散体に投影する光束の拡散体への投影倍率を可変とすることができるので、第 1 光電素子の像の倍率を変えて使用者の眼に投影することができる。その際、リレー光学系の投影倍率に応じて、拡散体への各光束の主光線は、拡散方向から収束方向まで非テレセントリックに変化するが、拡散板の働きにより、接眼光学系を、拡散体から射出され、眼球の瞳まで達する主光線が、前記拡散体から射出されるときに収束方向に傾いているようにすることができる。よって、リレー光学系の主光線による制約を受けることなく、接眼光学系を設計できる。

【0035】

前記課題を解決するための第 12 の手段は、前記第 1 の手段から第 11 の手段のいずれかであって、前記光を拡散する光拡散体が、金属酸化物や金属炭化物のミクロングレードで精密に粒径が管理された低粒を透過板上にコーティングした透過型拡散板であることを特徴とするもの（請求項 12）である。

【0036】

このような拡散板を用いることにより、拡散角を $\pm 60^\circ$ 以上に大きくすることができ、キョロ眼を考慮した場合でも、 $\pm 22.5^\circ$ 以上の視野角を確保することができる。又、このような砥粒をコーティングした拡散板は、DVD映像、ハイビジョン相当の画質を観測する場合であっても、砥粒間を感じさせず、自然な画質を得ることができる。

【0037】

前記課題を解決するための第13の手段は、前記第12の手段であって、前記砥粒が、シリコンカーバイド、酸化クロム、酸化スズ、酸化チタン、酸化マグネシウム、酸化アルミニウムのうちの少なくとも一つであり、前記透過板はポリエステルフィルムであることを特徴とするもの（請求項13）である。

【0038】

これらの物質の砥粒は、ミクロングレードの粒子とするのに都合がよく、又、ポリエステルフィルムは強靱であるので、高い耐久性が得られる。

【0039】

前記課題を解決するための第14の手段は、前記第1の手段から第13の手段のいずれかであって、前記第1光電素子と光束が直交するように設置された2次元発光型の第2光電素子を有すると共に、前記第1光電素子から放出された光を前記光拡散体へ投影する前記リレー光学系の中に、前記第1、第2の光拡散体に光束を分割して導く光分割器を有し、前記光分割器には、前記第2光電素子からの光束が、前記第1光電素子から放出された光束と直交して入射するようにされ、かつ、前記光分割器は、前記第1光電素子、前記第2光電素子からの光を分割すると共に、分割された前記第1光電素子と前記第2光電素子の光束を合成して、それぞれ、前記第1、第2の光拡散体に導く機能を有することを特徴とするもの（請求項14）である。

【0040】

本手段においては、光分割器が、第1光電素子から放出された光を第1（右眼用）、第2（左眼用）の光拡散体に光束を分割して導くと共に、第2光電素子からの光を受け、これを分割し、さらに第1光電素子の光束とを合成させ、第1、第2の光拡散体に導く。よって、第1光電素子の画像と、第2光電素子の画像の合成画像が、左右の眼用の光拡散体に投影され、接眼光学系によって、左右の眼の網膜に投影される。

【0041】

前記課題を解決するための第15の手段は、前記第14の手段であって、前記第1光学素子から射出された光束が、ミラーで反射されて使用者の眼に至るまでのミラーの反射回数と、前記第2光学素子から射出された光束が、ミラーで反射されて使用者の眼に至るまでのミラーの反射回数との差が、0又は偶数であることを特徴とするもの（請求項15）である。

【0042】

本手段においては、このような構成とすることにより、第1光学素子と第2光学素子から射出された光束の左右が同一の状態で使用者の眼に投影される。

【0043】

前記課題を解決するための第16の手段は、前記第14の手段又は第15の手段であって、前記第1光電素子から射出された光束が、ミラーで反射されて使用者の右眼に至るまでのミラーの反射回数と、ミラーで反射されて使用者の左眼に至るまでのミラーの反射回数との差が、0又は偶数であり、かつ、前記第2光電素子から射出された光束が、ミラーで反射されて使用者の右眼に至るまでのミラーの反射回数と、ミラーで反射されて使用者の左眼に至るまでのミラーの反射回数との差が、0又は偶数であることを特徴とするもの（請求項16）である。

【0044】

このような構成をとることにより、第1光電素子の画像、第2光電素子の画像とも、右眼と左目とで左右が逆転することなく、使用者の眼に投影される。

【0045】

前記課題を解決するための第17の手段は、前記第14の手段から第16の手段のいずれかであって、前記第1、第2の接眼光学系の光学的中心及び前記第1、第2の光拡散体への投影画像中心の間隔が、眼幅と等しくなるように、これら2個の接眼光学系及び投影画像中心の間隔が調整可能とされ、かつ、これら2個の接眼光学系及び投影画像中心の間隔が調整した場合に、前記第1光電素子から使用者の眼に至る光学距離、及び前記第2光電素子から使用者の眼に至る光学距離が、それぞれ変化しないように調整する、光学距離調整機構が設けられていることを特徴とするもの（請求項17）である。

【0046】

本手段においては、2個の接眼光学系及び投影画像中心の間隔を調整した場合でも、光学距離調整機構によって、第1の光電素子から使用者の眼に至る光学距離、及び前記第2の光電素子から使用者の眼に至る光学距離が、それぞれ変化しないように調整することができるので、像倍率、結像位置を変化させることなく、2個の接眼光学系及び投影画像中心の間隔を調整することができる。

【0047】

前記課題を解決するための第18の手段は、前記第14の手段から第17の手段のいずれかであって、前記第1光電素子から放出された光を前記光拡散体へ投影する前記リレー光学系が、前記光拡散体に投影する光束の前記拡散体への投影倍率を可変とするものであり、かつ、倍率を変化させた際の前記第1光電素子及び、前記第2光電素子からそれぞれ前記拡散体に投影された画面の照度をほぼ一致させるための照度可変機構を有していることを特徴とするもの（請求項18）である。

【0048】

本手段においては、倍率を変化させた際の第1光電素子及び、第2光電素子からそれぞれ拡散体に投影された画面の照度をほぼ一致させるための照度可変機構を有しているので、像倍率を変化させても観察される画像の照度をほぼ一定に保つことができる。

【0049】

前記課題を解決するための第19の手段は、前記第1の手段から第18の手段のいずれかであって、前記第1光電素子は透過型又は反射型の液晶デバイス素子であり、G、B、Rの色に応じた3枚の液晶素子と当該液晶素子を照明する照明系を有し、当該照明系はG、B、Rの発光LEDの出力を均一化する均一化光学系であることを特徴とするもの（請求項19）である。

【0050】

本手段においては、照明系が、G、B、Rの発光LEDの出力を均一化する均一化光学系とされているので、液晶素子が均一照明され、輝度むらが発生しない。

【0051】

前記課題を解決するための第20の手段は、前記第19の手段であって、前記均一化光学系は高輝度LEDをそれぞれG、B、RのLED毎に複数個有し、これら複数個のLED発光部よりの光を、光ファイバーを用いて集光し、集光した光で前記液晶素子を照明することを特徴とするもの（請求項20）である。

【0052】

本手段においては、複数個のLEDの出力を光ファイバーを用いて集光し、集光した光で液晶素子を照明するようにしているので、高照度の均一な照明が得られる。

【0053】

前記課題を解決するための第21の手段は、前記第1の手段から第18の手段のいずれかであって、前記第1光電素子は透過型又は反射型の液晶デバイス素子であり、G、B、Rの色に応じた3枚の液晶素子と当該液晶素子を照明する照明系を有し、当該照明系はG、B、Rの冷陰極管であることを特徴とするもの（請求項21）である。

【0054】

冷陰極管は小型化が容易であり、かつ消費電力が少なく、超寿命であるので、液晶デバイスの照明光として適している。

【0055】

前記課題を解決するための第22の手段は、前記第21の手段であって、前記均一化光学系は冷陰極管をそれぞれG、B、Rの色毎に複数個有し、これら複数個の冷陰極管よりの光を、光ファイバーを用いて集光し、集光した光で前記液晶素子を照明することを特徴とするもの（請求項22）である。

【0056】

本手段においては、複数個の冷陰極管の出力を光ファイバーを用いて集光し、集光した光で液晶素子を照明するようにしているので、高照度の均一な照明が得られる。

【0057】

前記課題を解決するための第23の手段は、前記第1の手段から第22の手段のいずれかであって、前記画像表示装置の少なくとも一部が、使用者以外の部分に支持されており、前記使用者の顔面にも接触し、前記使用者の顔面の動きに応じて移動可能とされていることを特徴とするもの（請求項23）である。

【0058】

本手段においては、画像表示装置の少なくとも一部が、使用者以外の部分に支持されているので、使用者の負担を軽くすることができる。又、使用者の顔面の動きに応じて移動可能とされているので、楽な姿勢で画像を観察することができる。

【0059】

前記課題を解決するための第24の手段は、左右両方の眼球に対応して、少なくともそれぞれ独立した部分を有する光学系を有し、画像を前記左右のそれぞれの眼球内に投影させる画像表示装置であって、前記光学系の独立した部分は、前記眼球側から1枚又は複数枚の凸レンズ、貼り合わせレンズの順で少なくとも2枚のレンズで構成され、前記凸レンズうち最も眼球側の凸レンズの眼球から遠い方の面は、コーニック定数 $K < 0$ のコーニック面とされていることを特徴とする画像表示装置（請求項24）である。

【0060】

本手段においては、水晶体に近い場所に、1枚又は複数枚の凸レンズを配置する構成とし、この部分には凹レンズを設けないようにする。

【0061】

そして、この場合に、瞳の横シフトを行っても、良好な像を得るために、凸レンズの周辺で発生する非点収差を改善する必要がある。そのために、凸レンズうち最も眼球側の凸レンズの眼球から遠い方の面はコーニック定数 $K < 0$ のコーニック面としている。さらにこの構成によって発生する色収差を改善するために、凸レンズの光拡散体側に貼り合わせレンズを設けている。

【0062】

すなわち、眼球側に非球面の凸レンズを配置して、眼球の瞳に大きな角度で各主光線が入射するようにしているので、光拡散体における各光束の主光線の傾きは、比較的小さい。そこで、光拡散体に近い側に貼り合わせレンズを使用することで、貼り合せ面における入射角度も差ほど小さくなり、良好に色収差を補正できるようになる。

【0063】

これにより、光学系の大きさを大きくせず、視野角を大きくすることができ、かつ、非点収差、色収差をはじめ、各収差の小さい光学系とすることができる。

【0064】

前記課題を解決するための第25の手段は、前記第24の手段であって、前記貼り合わせレンズは、前記光学系の独立した部分の、最も前記画像を形成する画像形成面側に設けられていることを特徴とするもの（請求項25）である。

【0065】

本手段においては、貼り合わせレンズを、光学系の独立した部分の、最も画像を形成する画像形成面側に設けているので、色収差を特に効率的に補正することができる。

【発明の効果】**【0066】**

以上説明したように、本発明によれば、人間が見る視界に近い、大きな視界角度を有し

、更に、眼球を動かした時に発生する水晶体の接眼レンズ中心からのずれに対しても、その時の色収差においても、十分に良好な画像を提供できる画像表示装置を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0067】

以下、本発明実施の形態の例を、図を用いて説明する。まず、理解を深めるために、ウェアラブルディスプレイとして、視野角 $\pm 22.5^\circ$ 以上の光学系を実現することが何故難しいかを簡単に説明していく。図20A～図20Dは広視野角度を得るために設計された光学系の1例を示すものである。これは、図20Aの光学系の概要図に示すように、発光画面G（ここでは発光画面と呼んでいるが、それ自身が発光したり光を反射して画像を形成したりするもののみならず、スクリーンのように、画像が投影され、そこから出る光が眼に観測されるものをも含むものである。）に対し、人間の目の瞳をHとしたとき、屈折率は低いが色分散が小さい硝材LAC7からなり、曲率が220cmの3枚の凸レンズL1、L2、L3を使用した場合の例であり、図20Aの光束は、それぞれ、視野角 -60° 、 -45° 、 -30° 、 -15° 、 0° 、 15° 、 30° 、 45° 、 60° を示している。

【0068】

図20Bでは左から順に球面収差、非点収差、ディストーションを示しているが、非点収差が視野角 $\pm 30^\circ$ 付近で10mm、ディストーションが12.6%発生している。更に図20Cでは色収差が視野角 $\pm 15^\circ$ のところでも150 μ m程度発生しているのが確認できる。

【0069】

一般に色収差を補正するために、色分散の異なる2種類以上の硝材を組み合わせる使用することが知られており、瞳の大きさを5mm程度に設定し、 $\pm 30^\circ$ の範囲で色収差を含む諸収差を補正したルーペ光学系のようなものは存在する。このような光学系の設計が容易な理由は、このような光学系においては、光学系と眼球の位置を固定して使用する必要が無いので、光学系の光軸と眼球の瞳の位置が常に最適になるように調整できるためである。

【0070】

しかし、ディスプレイと目の位置を固定してそれぞれ別々の接眼光学系を用いて画像観察を行うウェアラブルディスプレイの接眼光学系としては、最大でも視野角 $\pm 22.5^\circ$ 程度のものしか無い。図20Dに、視野角が 0° 、 7.5° 、 15° 、 22.5° 、 30° の場合の、図20Aに示す光学系の諸収差を示す。レンズの組み合わせで色収差を補正したとしても、視野角 22.5° の位置では色収差200 μ m、諸収差400 μ mとなっており、人間の目で確認できる大きさを100 μ m程度とすると、これでは不十分であることが分かる。よって、人間の目で確認できる程度に収差を小さくするためには、凸レンズのみの組み合わせでは不十分であり、凸レンズと凹レンズの組み合わせが必要なことが推定される。

【0071】

しかし、凸レンズと凹レンズの組み合わせを考えると、凹レンズでは、発光画面からの各光束の主光線のそれぞれは、傾きの差を小さくし、眼球の瞳における各主光線のそれぞれの傾きを大きくするように、効率良く広視野角度で発散する光束を偏向できず、従ってレンズ径を大きくせざるを得ないことになる。一方、凸レンズのみで構成した図20Aの光束を見ても明らかなように、左右の目にそれぞれこのような接眼レンズを設置した場合、眼幅（左右の目の間隔）を6.5cmとすると、凸レンズのみを使用した場合でも、左右両方の接眼光学系が鼻側で重なってしまい、鼻側の視野として 30° 程度までしか得られないことになる。凸レンズと凹レンズの組み合わせで収差を取ることを考えると、目から出た各光束の主光線が凹レンズで広げられるので、更に鼻側の視野が取れないことになり、 22.5° 程度が限界の視野角度となってしまう。

【0072】

次に、視野をもっと大きく取ることを考えていく。臨場感の高い画像を得るためには、人間がメガネをかけた視界と同等以上の視界を得る必要があり、接眼レンズ径に制限のある鼻側の視野角度を十分に取らなければならない。鼻側の視野角度をもっと得るためには、更に凸レンズの曲率を大きくしたり、屈折率の高い硝材を用いることになる。

【0073】

ここで、より広い視野を得るために、眼球側から曲率100cm、200cm、220cmの3枚の凸レンズL1'、L2'、L3'を用いた例を図21A～図21Cに示す。図21Aにおいて、Gは発光画面、Hは人間の目の瞳であり、図20Aと同じように、レンズには屈折率は低い色分散が小さい硝材LAC7を使用している。図21Aの光束を見ると、鼻側に65mmの範囲内で45°程度の広視野が得られているのがわかる。しかし、図20Bに対応する図21Bでは、視野角±30°付近で非点収差が3.5mmと改善しているものの、ディストーションが13.5%と大きくなっている。更に、図20Cに対応する図21Cでは、視野角±15°のところでも、色収差が150μm程度発生しているのが確認できる。このように、視野角を±22.5°以上に広げる光学系で、色収差を含む諸収差を補正した上に、光学系の直径を眼幅以内に制限するのは非常に難しいことがわかる。

【0074】

以上、従来の技術では視野角が±22.5°以上ある接眼光学系を設計することが難しいことがわかったので、このような認識の下に、発明者が本発明を着想するに至る段階を説明していく。

【0075】

従来の考え方で、図21Aのように収差が改善しないのは、レンズ周辺を光束路とする視野角度の大きい部分に該当する光束において、レンズの曲率が大き過ぎることが原因であり、普通はレンズの曲率を下げたり、凹レンズとの組み合わせにより収差を改善し、更にはレンズ枚数を多くする設計を行う。しかし、両目に別々の接眼系を有する機構の場合、前述のようにレンズ径を65mm以上にすることができない。

【0076】

そこで、発明者は、凸レンズの少なくとも1枚の面をコーニック面とすることにより改善を図ることを着想した。その1例を図1に示す。図1Aに示す光学系においては、発光画面Gからの光束を、3枚の凸レンズL11、L12、L13を用いて、人間の目の瞳Hに集光しているが、このうち、眼球に一番近いレンズL11の裏面(目から遠い側の面)をコーニック面とし、これによりコマ収差や非点収差を抑え、キョロ目動作により瞳位置が変わっても、良好な像を眼球内に投影できるようにしている。光軸をz軸とするx-y-z直交座標系において、コーニック面の曲面Z(r)は、cを曲率を表す定数、 $r^2 = x^2 + y^2$ として、

【0077】

【数1】

$$Z(r) = \frac{c \cdot r^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k) \cdot c^2 \cdot r^2}}$$

で表される。kはコーニック定数であり、 $k < 0$ を用いている。その光学設計値を表1に示す。なお、表1をはじめ、以下の表に示す面の曲率半径は、各レンズの面の位置に対し、曲率中心が瞳側にあるときは負、発光画面G側にあるときは正としている。又、曲率半径、光軸上の面間隔の単位は、特に断らない限りmmである。

【0078】

【表 1】

(表 1)			
面番号	面の曲率半径(mm)	光軸上での面間隔	硝材
瞳:	無限	12.000000	
1:	無限	18.000000	F2_SCHOTT (L 1 1)
2:	-40.00000	2.000000	
コーニク係数 K :		-0.800000	
3:	無限	15.000000	SK11_SCHOTT (L 1 2)
4:	-80.00000	2.000000	
5:	200.00000	15.000000	SK11_SCHOTT (L 1 3)
6:	-100.00000	22.074232	
発光画面 G:	無限	0.000000	

【0079】

このような光学系における、球面収差、非点収差、ディストーションを図 1 B に示す。図 1 B を見ると分かるように、視野角 $\pm 30^\circ$ 付近で、非点収差が 3 mm と改善されており、ディストーションも 9.5% と小さくなっている。この光学系の色収差を示す図 1 C では、色収差が視野角 $\pm 15^\circ$ のところでも $200 \mu\text{m}$ 程度発生しており、反対に悪化しているのが確認できる。

【0080】

しかし、図 1 A の接眼レンズ系は、色収差以外の収差については非常に良い特性を持っていることがわかったので、本発明の第 1 の実施の形態としては、図 2 A に示すように、光束の偏向角度が大きい眼球の瞳 H に近い凸レンズのレンズ (L 2 1、L 2 2) の 1 面をコーニク定数 $K < 0$ のコーニク面とする一方、色収差を補正するために互いに異なる硝材を組み合わせた貼り合せレンズ (L 2 3、L 2 4) を設けるようにしている。貼り合せレンズは、少なくとも 2 枚のレンズで構成され、かつ、貼り合せレンズの貼り合せ部は瞳側に凹面とし、かつ、貼り合せレンズの色分散は瞳 H 側のレンズの方が小さく、色収差補正効果が高い、凸凹凸の形状にしている (ここでいう凸と凹の定義は瞳方向に凸の形状を凸、反対方向の凸の形状を凹として表すことにする。このことは、特に断らない限り、本明細書において同じである。)。図 2 A に示す光学系の光学設計値を表 2 に示す。

【0081】

【表 2】

(表 2)			
面番号	面の曲率半径	光軸上の面間隔	硝材
瞳:	INFINITY	12.000000	
1:	INFINITY	13.000000	TAFD5_HOYA (L 2 1)
2:	-38.00000	0.200000	
コーニック係数K : -0.700000			
3:	INFINITY	9.000000	TAFD5_HOYA (L 2 2)
4:	-78.00000	0.200000	
5:	138.00000	18.500000	FCD1_HOYA (L 2 3)
6:	-50.00000	3.000000	EFDS1_HOYA (L 2 4)
7:	91.00000	15.188265	
発光画面G:	INFINITY	0.000000	

【0082】

このような構成にした理由は以下の通りである。すなわち、前述のように、一般の接眼レンズとは異なり、視野角度が広い上に両眼別々に接眼レンズがあるため、眼幅 6.5 mm の半分の半径以下で接眼レンズを構成する必要がある。よって、瞳 H に近いレンズは、できるだけ曲率の大きい凸レンズで光束を光軸側に大きく偏向させ、それぞれの光束の主光線が平行に近づいている物体側に近いところで色消しのための貼り合せレンズを組み込み、更に、発光画面 G に近いレンズ面は、発光画面 G に向かって、発散方向に光束が傾くような凸面とする。

【0083】

(なお、以上の説明においては、説明の都合上光束が瞳 H から出て発光画面 G に到達するように説明しているが、実際の光束はこの逆をたどる。今後、説明の都合上、光束が実際とは逆に瞳 H から出ているように説明をすることがある。)

これにより、瞳 H 側のコーニック面を有する凸レンズはレンズ周辺で発生する非点収差やコマ収差を改善し、貼り合せレンズで色収差補正を行い、貼り合わせレンズの最終面でディストーションを軽減し、かつ、レンズ径を大きくしないレンズ構成とすることができ、この構成は、レンズ径を大きくせずに諸収差を補正する大きな効果があり、ウェアラブルディスプレイのように、レンズ径に制約がある場合に有効である。

【0084】

この光学系の球面収差、非点収差、ディストーションを図 2 B に示す。図 2 B では鼻側に 4.5° 程度の広視野が得られており、更に非点収差が視野角 ± 3.0° 付近で 3 mm と図 1 B と同様に改善しており、ディストーションは図 1 B と比べても 9% と小さくなっている。図 2 C に、この光学系の色収差を示すが、色収差は、視野角 ± 1.5° のところでも 80 μm 以下に大きく改善されているのが確認できる。

【0085】

但し、図2Aの構成では、

(1) 眼幅65mmを考えると、鼻側には45°までの視野角しか得られてなく、メガネ視界で考えられる±60°には達していない。左右の目で見える領域が異なり違和感があるので、±60°の広視野角度を目指す。

(2) 色収差が80μmでは肉眼で確認できる可能性があり、もっと小さくする必要がある。人間の目の解像力を50μm程度とすると、色収差も50μm以下を目指す。という課題がまだ残っている。

【0086】

その上に、広視野画像を得るためには、人間の目で行う動作についても把握し、あくまでも自然に近い状態で画像を観察できる光学系にする必要がある。そこで人間の目で行う動作について検討してみることにした。

【0087】

人間の目は、メガネ視界で±30°程度までは眼球を横シフトして周辺の物を確認することが自然に行われている。しかしながら、従来技術を調べても、±30°で収差が良い光学系は、あくまでも瞳位置を動かさない±30°について良好な数値を出しているだけであり、実際の眼球の横シフト動作についての検討を行っているものは無い。そこで、人間の眼球の横シフト動作でどの程度瞳が移動し、どのような条件で収差を取る必要があるかを調べた。その方法を図3により説明する。

【0088】

調査方法としては眼球と光学系を固定し、眼球を0～45°まで動かした時の収差を調べる方法で行った。まず、視点中心が0°から45°まで動いた時、瞳位置は、図3に示すように眼球の真ん中を中心として回転するので、15°で3.88mm、30°で7.5mm、45°で10.6mm移動した位置から所定角度方向に向けて接眼レンズを介して画面像を観察することになる。また、人間の目は視点中心では高い視力を持つが、視点中心から±5°の視力は1/2に悪化、±10°の視力は1/4に悪化、±15°の視力は1/8に悪化することがわかっている。

【0089】

よって、接眼レンズの視野角は、広視野角全てに対し、良好な収差を持つ必要は無く、視点中心移動角±30°で視点中心の±10°の範囲を良好にしておけば良いと推定される。本発明による第1の実施の形態(図2A)では、視野角±45°程度までは良好な収差となるように設計していたが、これ以降は視点中心移動角を30°とした場合の視点中心-10°、-5°、0°、5°、10°の収差がどのようになっているかを調べることにした。

【0090】

図2Dは第1の実施の形態の光学系における、30°キョロ目動作時の光束を図示したものであるが、図を見てもわかるように、画面Gの位置で大きな収差が発生している。図2Eは視点中心30°でそこから-10°、-5°、0°、5°、10°の色収差がどのようになっているかを調べた結果を示したものであり、縦軸が横収差、横軸が絞り面(瞳位置)での光軸に対する高さを示している。色収差が200μm、その他の収差も200μm程度発生しており、収差のスポットダイヤグラム(諸収差をスポットでプロットしたRMS値)は400μmとなって、キョロ目時には明らかに劣化した像となってしまうことがわかる。(なお、図2Aと図2Dでは、レンズ系が異なるように見えるが、これは説明の都合上、光線を図示する必要のある範囲のみレンズを図示しているためであり、両者は同じ光学系である。今後も、このように、同じレンズ系を、説明に必要な光線の広がりに応じて異なった形状に図示することがあるが、レンズの符号が同じであるものは同じレンズを示す。)

即ち、第3の課題として、

(3) 視点中心角±30°の範囲でそこから-10°、-5°、0°、5°、10°の収差が良好であること。視野中心での収差を50μm程度とした場合、±5°で100μm以

下、 $\pm 10^\circ$ で $200\mu\text{m}$ 以下の性能を出す。

という課題を加え、前記 (1) ~ (3) の課題を同時にクリアすることにより、完全に人間の自然な観察像と等価の画像を提供できることになる。

【0091】

そこで図 4 A ~ 図 4 D に示す本発明の第 2 の実施の形態においては、色収差を小さくするために、瞳近傍の凸レンズの硝材として屈折率が低いものの、色分散も低いものを使用することで色収差を改善し、コーニック係数を $k \leq -1$ にすることでレンズ周辺の曲率を落とし、諸収差を改善する方法を考案した。この光学系は、図 4 A に示すように、凸レンズ L 3 1、L 3 2 と、凸レンズ L 3 3 と凹レンズ L 3 4 を貼り合わせた貼り合わせレンズからなる。その光学設計値を表 3 に示す。

【0092】

【表 3】

(表 3)

面番号	面の曲率半径	光軸上の面間隔	硝材
瞳:	INFINITY	10.000000	
1:	INFINITY	11.000000	TAC8_HOYA (L 3 1)
2:	-36.00000	0.200000	
コーニック係数 K : -1.000000			
3:	INFINITY	8.000000	TAC8_HOYA (L 3 2)
4:	-66.00000	0.200000	
5:	210.00000	17.000000	TAF3_HOYA (L 3 3)
6:	-44.00000	3.000000	SF59_SCHOTT (L 3 4)
7:	130.00000	19.067127	
発光画面 G:	INFINITY	0.000000	

【0093】

その結果、図 4 A 図 4 B を見てわかるように、瞳が中心部にある場合のレンズ周辺を通る光束の収差は、図 2 A に示した第 1 の実施の形態に比して悪化しているものの、図 4 C、図 4 D のキョロ目 30° 時の諸収差は大きく改善し、スポットダイヤグラムは 0° で $100\mu\text{m}$ 、 $\pm 5^\circ$ で $150\mu\text{m}$ 、 $\pm 10^\circ$ で $200\mu\text{m}$ 程度と明らかに改善していることが確認できる。

【0094】

このような考えの下に設計された、本発明の第 3 の実施の形態を図 5 A ~ 図 5 C に示す。この光学系は図 5 A に示されるように、光束の偏向角度が大きい眼球の瞳 H に近い凸レンズのレンズ (L 5 1、L 5 2) の 1 面をコーニック定数 $K \leq -1$ のコーニック面とする一方、色収差を補正するために互いに異なる硝材を組み合わせた貼り合せレンズ (L 5 3、L 5 4) は、少なくとも 2 枚のレンズで構成し、かつ、貼り合せレンズの貼り合せ部は瞳 H 側に凸面とし、さらに、貼り合せレンズの色分散は瞳 H 側のレンズの方が大きく、色

収差補正効果が高い、凸凸凸の形状にしている。図4Aと図5Aを比べると分かるように、第3の実施の形態においては、貼り合せレンズの貼り合せ部が瞳H側に凸面とされている点が、第2の実施の形態との主たる違いである。

【0095】

第3の実施の形態においても、第2の実施の形態と同様、発光画面G側のコーニック面を有する凸レンズL51でレンズ周辺で発生する非点収差を改善し、貼り合せレンズ(L53, L54)で色収差補正を行い、かつ、最終面を発散方向に光束が傾くような凸面とすることにより、ディストーションを軽減し、キヨロ目動作時の収差の改善を図っている。表4に、図5Aに示された光学系の光学設計値を示す。

【0096】

【表4】

(表4)			
面番号	面の曲率半径	光軸上の面間隔	硝材
瞳:	INFINITY	10.000000	
1:	INFINITY	11.000000	TAC8_HOYA (L51)
2:	-36.00000	0.200000	
コーニック係数K : -1.000000			
3:	INFINITY	8.000000	TAC8_HOYA (L52)
4:	-66.00000	0.200000	
5:	210.00000	3.000000	SF59_SCHOTT (L53)
6:	44.00000	13.000000	TAF3_HOYA (L54)
7:	130.00000	22.330761	
発光画面G:	INFINITY	0.000000	

【0097】

その結果、図5Aを見てわかるように、瞳が中心部にある場合のレンズ周辺を通る光束の収差は、図2Aに示す実施の形態に比して悪化しているものの、図5B、図5Cの眼球の横シフトが30°のときの諸収差は大きく改善し、スポットダイヤグラムは0°で200μm、±5°で200μm、±10°で250μm程度と第1実施例よりは改善していることが確認できる。但し、今回の貼り合せレンズは上記理由(最終面を発散方向に光束が傾くような凸面とする)により凸凸凸の形状にしているため、第2の実施の形態と比べると、色収差については補正効果が低く完全に補正できず、150μm程度のオフセットが発生してしまっている。

【0098】

以上に示した本発明の第1の実施の形態～第3の実施の形態により、本発明による効果を確認してきた。そして、前述の課題である

(1) 眼幅65mmを考えると、鼻側には45°までの視野角しか得られてなく、メガネ視界で考えられる±60°には達していない。左右の目で見える領域が異なり違和感がある。

(2) 色収差が $80\ \mu\text{m}$ では肉眼で確認できる可能性があり、もっと小さくする必要がある。

(3) 人間の目を見たメガネ視界でのキョロ目動作時に良好な画像を提供する。

の(3)についての改善ができることは説明してきたが、(1)、(2)の課題については十分クリアできていない。第1の実施の形態～第3の実施の形態で(1)と(2)が改善できない理由としては、(3)の課題を達成するためのコーニック面の使用及び、色収差を小さく抑えるための瞳側凸レンズに色分散の低い硝材を用いることでレンズ周辺の光束偏向角度を小さくしてしまい、最終的な発光画面Gの大きさを眼幅の65mm以内に抑えることができなくなっていることが挙げられる。更に、ディストーションや収差を抑えるための発光画面G側レンズが凸であることも、最終的な発光画面Gの大きさを大きくする原因の一つになっている。

【0099】

そこで、本発明の第4の実施の形態では、図6Aに示すように画面G自体を凹面にする
こととした。図6Aに示す光学系の光学設計値を表5に示す。

【0100】

【表5】

(表5)

面番号	面の曲率半径	光軸上の面間隔	硝材
瞳:	INFINITY	10.000000	
1:	INFINITY	11.000000	TAFD5_HOYA (L 6 1)
2:	-30.00000	0.200000	
コーニック係数K : -1.100000			
3:	INFINITY	8.000000	TAFD5_HOYA (L 6 2)
4:	-66.00000	0.200000	
5:	-300.00000	12.500000	TAF5_HOYA (L 6 3)
6:	-45.00000	3.000000	SNPH2_OHARA (L 6 4)
7:	70.00000	20.190463	
発光画面G:	-45.00000	0.000000	

【0101】

発光画面Gを凹面にすることを前提にして諸収差を計算したところ、色収差を小さく抑えるための瞳側凸レンズ(L 6 1, L 6 2)に色分散の低い硝材を用いなくても、比較的大きな屈折率と色分散を持つ硝材で図6Bに示す良好な収差がえられ、図6C、図6Dに示すキョロ目のときも第3の実施の形態と同等の性能が得られることがわかった。

【0102】

最も特徴的なことは、発光画面G自体を凹面にしたことで、レンズ周辺を通る光束が広がる前に発光画面Gに達し、コーニック定数を-1.1と更に小さくすることで、眼球の横シフト後でも諸収差を改善することが可能となる上に、結果的に眼幅65mm以内にレ

ンズ径及び発光画面Gを抑えられることである。この方法により、左右の両目で±60°の視野を確保し、その上キョロ目時にも良好な像を得ることが可能となる。

【0103】

しかしここで問題となるのが発光画面Gの構造である。もし、発光画面Gを液晶素子等で構成する場合は、液晶画面自体を湾曲させる必要があり、もし、発光画面Gをスクリーンとして裏面より像を形成する場合はその投影光学系のフォーカスやテレセン性についても考慮する必要がでてくる。

【0104】

これらの問題を解決することができる、本発明の第5の実施の形態を図7A～図7Eに示す。その光学系は、図7Aに示すように、前述の各実施の形態の貼り合せレンズによる色収差補正不足を、2面の貼り合せレンズ(L73, L74, L75)を導入することで解消し、それによる光学系の他の収差の悪化を、瞳側の凸レンズ(L71, L72)に屈折率の高い硝材を用いるとともに、コーニック定数を更に小さい $k < -1.1$ とすることにより補正している。図7Aに示す光学系の光学設計値を表6に示す。

【0105】

【表6】

(表6)			
面番号	面の曲率半径	光軸上の面間隔	硝材
瞳:	INFINITY	10.000000	
1:	INFINITY	11.000000	TAFD5_HOYA (L71)
2:	-31.00000	0.200000	
コーニック係数K : -1.450000			
3:	INFINITY	7.500000	TAFD5_HOYA (L72)
4:	-66.00000	0.200000	
5:	INFINITY	13.000000	TAFD30_HOYA (L73)
6:	-44.00000	3.000000	SNPH2_OHARA (L74)
7:	35.00000	12.000000	TAFD30_HOYA (L75)
8:	80.00000	9.568060	
発光画面G:	INFINITY	0.000000	

【0106】

貼り合せレンズはL73, L74, L75の3枚のレンズで構成され、L73, L75のレンズ硝材より、L74のレンズ硝材の色分散を大きくし、貼り合せ面を瞳H側に凹面凸面の順となるように構成している。そのため、大きな色収差を補正できる。また、瞳側の凸レンズ(L71, L72)についても屈折率の高い硝材を用い、レンズ周辺を通過する光束の偏向角を大きくすることができている。

【0107】

この方法で、レンズ径を眼幅の 65 mm 以下にすることが可能となるが、このままではキヨロ目動作時の収差が悪化する。そこで、この実施の形態においては、レンズ径が 65 mm 以上にならない範囲で、コーニック定数を更に小さい $k = -1.45$ まで下げ、レンズ L75 の発光画面 G 側の面も凸面で構成することで、諸収差を抑える構成としている。

【0108】

これにより、図 7B に示すように良好な収差がえられ、図 7C、図 7D に示すように、キヨロ目の時も視野中心 30° の位置で収差 $25 \mu\text{m}$ 以内、中心から $\pm 5^\circ$ でも収差 $50 \mu\text{m}$ 以内、 $\pm 10^\circ$ でも収差 $100 \mu\text{m}$ 以内に抑えることができ、かつ、 $\pm 60^\circ$ の視野角度が得られる。

【0109】

更に、第 5 の実施の形態では、 15° に視野中心がある場合の、コーニック面と色収差補正レンズを組み合わせた最適フォーカス位置での MTF (所定の空間周波数を有する像について空間周波数を変化させた場合のライン/スペースでの振幅の $(\text{MAX}-\text{MIN})/(\text{MAX}+\text{MIN})$ を % で示したもの) と、従来技術で最適フォーカス位置での MTF を比べている。その結果を図 7E に示す。図において、T はタンデンシャル、R はラディアルの理論的な最大値を示す。X は水平方向、Y は垂直方向の MTF である。この例を見ても明らかなように、本実施の形態では各周波数での MTF への依存度が小さく、きれいな周波数特性を持っていることがわかる。これは、本実施の形態においては、画像を観察した時、像の浮き上がりや最良フォーカス位置が周波数により異なることで違和感を発生させることを防止し、良好な画像を提供することができることを意味する。

【0110】

以上、図 7A において、第 5 の実施の形態の光学系を示したが、実際の製造では色々な問題が発生する。すなわち、光学素子に用いる硝材自体、大きな屈折率を持った硝材であり、安定した条件で硝材の大きさを確保したり、加工したりすることが容易ではなく、コスト増を引き起こす可能性がある。よって、非球面加工が必要なコーニック定数 < 0 の硝材としては TAFD5 よりも SLAH66 のように硬質な材料を用いた方が加工し易い。

【0111】

又、SNPH2 等の硝材は硝材の品質管理上所定の厚さを確保するのが難しいという問題がある。そこで第 5 の実施の形態の第 1 の変形例として、図 7F に示すように、非球面レンズ L71 の硝材を TAFD5 から SLAH66 に変更し、貼り合せレンズ L73, L74, L75 の L74 を L74A と L74B の 2 枚に分けた場合について以下に説明する。図 7F に示す光学系の光学設計値を表 7 に示す。レンズ径は、L71 が 51.0mm 、L72 が 58.9mm 、その他のレンズが 58.6mm である。

【0112】

【表 7】

(表 7)			
面番号	面の曲率半径	光軸上の面間隔	硝材
瞳	INFINITY	10.000000	
1	INFINITY	11.000000	SLAH66_HOYA
2	31.00000 コーニック定数 K : -1.3	0.200000	
3	INFINITY	8.500000	SLAH55_HOYA
4	66.00000	0.200000	
5	INFINITY	10.500000	SLAH58_HOYA
6	53.00000	0.000000	
7	53.00000	3.000000	SNPH2_HOYA
8	INFINITY	0.000000	
9	INFINITY	3.000000	SNPH2_HOYA
10	-42.00000	0.000000	
11	-42.00000	11.000000	SLAH58_HOYA
12	150.00000	9.568060	
発光画面 G	INFINITY	0	

【0113】

図 7 F に示す光学系（第 5 の実施の形態の変形例）の場合、僅かにレンズ曲率を変えるだけで、第 5 の実施の形態とほぼ同等の性能を得ることができる。L 7 4 A と L 7 4 B は共に中心厚 3 mm であり、図 7 A における L 7 4 では硝材として 25 mm 程度の厚みが必要だったのに対し、L 7 4 A、L 7 4 B では共に 15 mm 以下の硝材厚が取ればよく、硝材の安定した供給を可能とする。

【0114】

ここで L 7 4 A と L 7 4 B の間はフラット面の貼り合せであるが、同一硝材なので、便宜上ここでは 1 枚として数えることとする。なお、L 7 4 A と L 7 4 B を硝材の屈折率を僅かに変えたり、L 7 4 A と L 7 4 B の貼り合わせ面が僅かに曲面を有するようにしたり等の変形を行った場合でも、無論同様の効果が得られるので、ここではこの様な手法を用いた貼り合せレンズについても、全て 3 枚貼り合せレンズとして定義するものである。

【0115】

第5の実施の形態の変形例として、貼り合せレンズの組み合わせを変えた例を第6の実施の形態として図8A～図8Dに示す。すなわち、図8Aに示すように、今まで貼り合せレンズによる色収差補正不足を2面の貼り合せレンズ(L83, L84, L85)を導入することで解消し、それによる光学系の他の収差の悪化を、瞳側の凸レンズ(L81, L82)に屈折率の高い硝材を用いるとともに、L81の非球面のコーニック定数を更に小さい $k < -1.1$ とすることにより補正している。この実施の形態においても、第5の実施の形態と同じ効果が得られる。この光学系の光学設計値を表8に示す。

【0116】

【表8】

(表8)

面番号	面の曲率半径	光軸上の面間隔	硝材
瞳:	INFINITY	10.000000	
1:	INFINITY	11.000000	TAFD10_HOYA (L81)
2:	-32.00000	0.200000	
コーニック係数K : -1.300000			
3:	INFINITY	7.500000	TAFD10_HOYA (L82)
4:	-66.00000	0.200000	
5:	-500.00000	3.000000	SNPH2_OHARA (L83)
6:	53.00000	21.000000	TAFD30_HOYA (L84)
7:	-53.00000	3.000000	SNPH2_OHARA (L85)
8:	200.00000	12.264784	
発光画面G:	INFINITY	0.000000	

【0117】

貼り合せレンズはL83, L84, L85の3枚のレンズで構成され、L83, L85のレンズ硝材より、L84のレンズ硝材の色分散を小さくし、貼り合せ面を瞳H側に凸面凹面の順となるように構成している。そのため、大きな色収差を補正できるようになり、瞳側の凸レンズ(L81, L82)についても屈折率の高い硝材を用い、レンズ周辺を通過する光束の偏向角を大きくすることができている。この方法で、レンズ径を眼幅の65mm以下にすることが可能となる。

【0118】

しかし、このままではキョロ目動作時の収差が悪化する。そこで、レンズ径が65mm以上にならない範囲で、コーニック定数を更に小さい $k = -1.3$ まで下げ、レンズL85の最終面も凸面で構成することで、諸収差を抑える構成としている。

【0119】

これにより、図8Bに示す良好な収差がえられ、図8C、図8Dに示すように、眼球の

横シフトの後も、視野中心 30° の位置で収差 $25\mu\text{m}$ 以内、中心から $\pm 5^\circ$ でも収差 $50\mu\text{m}$ 以内、 $\pm 10^\circ$ でも、ほぼ収差を $100\mu\text{m}$ 以内に抑え、かつ、 $\pm 60^\circ$ の視野角度が得られる。

【0120】

次に、発光画面Gについて説明する。発光画面Gとして最も理想的なものは、液晶ディスプレイ等に代表される発光型の2次元画像出力素子である。しかしながら、現時点の技術には 60mm 角程度のディスプレイで上記接眼光学系により拡大されても十分な画像の分解能を得るのに必要なドットサイズを有する2次元画像出力素子は存在しない。よって、2次元画像出力素子からの画像を、 $\pm 60^\circ$ の視野角度で瞳に投影する場合、プロジェクターのような微小ドットサイズの発光型の2次元画像出力素子像の拡大像を得ることで、高画質とする必要がある。現在、存在しているプロジェクターはQVGAと呼ばれる解像度縦横が 320×240 のものから、SXGAと呼ばれる解像度縦横が 1980×1024 程度のものを用いて、GRBの各色で合計3枚の液晶表示素子でカラー像を別々に形成し、合成してその解像度を3倍とするのものまでさまざまである。

【0121】

もし、本発明の実施の形態として解像度が低いものを利用すると、映画館クラスの大きさの画面では、その液晶表示素子の画素の継ぎ目が目で見えてしまい、臨場感が失われてしまう。よって、プロジェクター以上の画質を得る場合は、SXGAと呼ばれる解像度縦横が 1980×1024 以上のものを用い、GRBの各色で合計3枚の液晶表示素子で各色の像を別々に形成し、それらの像を合成してその解像度を3倍とする技術を導入することが不可欠である。

【0122】

また、前述の接眼光学系としては本発明の全てが発光画面Gに対し、非テレセントリックな構成とすることで、良好なディストーション及び、収差補正を行っているため、前述のプロジェクターのような微小ドットサイズの発光型の2次元画像出力素子のテレセン条件を前記接眼光学系のテレセン条件と合わせる必要がある。

【0123】

しかし、例えば第6の実施の形態で考えると、 $\pm 60^\circ$ の視野角度光束の主光線が発光画面Gの位置から接眼光学系のレンズL85に達するとき、画面Gの法線となす角度は最大 20° であり、発光型の2次元画像出力素子から発光画面Gまでの拡大倍率を3倍とすると、発光型の2次元画像出力素子から放射される各画素の光束のNAは、この3倍の 60° で射出される非テレセントリック光学系でなければならない。このような2次元画像出力素子の照明機構を設計するのは液晶表示素子等の有効照明角度から考えても厳しい条件となる。

【0124】

そこで、発光画面Gの位置にスクリーンを設け、発光型の2次元画像出力素子から射出された光束をリレー系にて同スクリーンに投影し、その投影像がスクリーンを透過した裏面像を前記接眼光学系にて眼球の網膜まで再投影する方法を取ることが考えられる。この方法は従来例としても特開平7-128612号公報（特許文献3）に開示されているが、上記のような $\pm 22.5^\circ$ 以上で発生する収差を改善するための手法については何ら記載されていない。

【0125】

今回のスクリーン導入においては、前記目標を達成した非テレセントリックな接眼レンズとして 20° の傾きを持った接眼光学系に像を提供し、且つ、SXGAと呼ばれる解像度縦横が 1280×1024 の微小ドットよりも小さい粒子で形成された拡散透過型スクリーンを提供する必要がある。

【0126】

以下、上記スクリーンとして、拡散ガラスを使用した例について説明する。図8Cを見ると、眼球の横シフトが 30° のとき、最大 $\pm 10^\circ$ 程度テレセンが傾いている（主光線が傾いている）ことがわかる。よって、スクリーンとしては、このキョロ目に対応して、

視線の方向が変わっても、眼球の瞳に入射する光線が存在するように、各位置の光束の発散角が、十分に大きい角度になるようにし、かつ、人間の目で見てその荒さが見えないレベル、即ち、スリガラスでいうと荒さ700以上の拡散角Aタイプに相当するものを用いればよい。もちろん、人間のキョロ目角度は $\pm 30^\circ$ 程度まで考慮する必要があるので、 $\pm 20^\circ$ 程度で光強度分布が大きく変わらないものを使用することが望ましい。なお、図8Aにおいては、視野角 60° の位置でのテレセンの傾き（主光線の傾き）はさらに大きい、この部分は人間の眼の解像度が低い部分であるので考慮しなくてもよい。

【0127】

そこで、スクリーンとして、厚みが均一で表面が平滑なポリエステルフィルムに接着剤を塗布し、そして、ミクロングレードで精密に粒径が管理された砥粒をクリーンルームでコーティングしたものを使用する。なお、砥粒としてはシリコンカーバイド、酸化クロム、酸化スズ、酸化チタン、酸化マグネシウム、酸化アルミニウムなどの炭化物、酸化物が最適で、 $0.3 \sim 40 \mu\text{m}$ 程度の均一な超精密仕上げで製造したものを採用している。

【0128】

このようにして形成されたスクリーンは、不透明ではあるが均一な砥粒をランダムに所定の厚さで積層させることが可能で、発散角を $\pm 60^\circ$ 以上に大きくすることができ、DV映像やハイビジョン映像であっても全く粒状感を感じさせず、 $\pm 22.5^\circ$ 以上の視野角を確保することができる。また、このスクリーンは安く製造できる点でも好ましい。なお、この砥粒層は投影像の焦点深度以内の厚さにすることが好ましく、照度を得るためにできるだけ薄いことが望ましい。

【0129】

なお、砥粒の大きさはメッシュナンバー#320～#15000までが選択可能であり、強靱なポリエステルフィルムを用いているので、耐久性が高くなる。なお、シリコンカーバイド、酸化クロム、酸化スズ、酸化チタン、酸化マグネシウム、酸化アルミニウムなどは、ミクロンオーダの砥粒を使用すると、不透明に見えてしまう。この際には、スクリーンへの投影照度を高くする必要がある。

【0130】

上記スクリーンを利用した場合、拡散角が広くスクリーン上の粒子も見えないので鮮明な画像を得られる効果はあるものの、光量が $1/10$ 程度に低下する。よって、その分投影照度を上げる工夫が必要である。勿論、プロジェクターのようなハロゲンランプを用いれば十分な照度を得られるが、後述の本発明での装置概観からすると、できるだけ照明系は小さく、且つ寿命の長い光源を用いる必要がある。そこで本発明の各実施の形態では図8-1、図8-2に示すような2つの照明系を採用している。

【0131】

図8-1は青色(B)、赤色(R)、緑色(G)を発光する高輝度LED166を用いた照明光学系を示す図である。この照明光学系として、RGBの3色の高輝度LED166と、個々の高輝度LED166毎に設けられた光ファイバーバンドルと、光ファイバーバンドルの射出端を瞳位置としたバックライト照明系163と、液晶表示素子169と、3色合成プリズム162が図示されている。

【0132】

色合成プリズム162のほかの2つの側面には、同様に液晶表示素子、照明光学系、光ファイバーバンドル、高輝度LEDが設けられている。しかし、それぞれの高輝度LEDは、それぞれ異なる色が発色するものが配置されている。そして、色合成プリズム162の残りの一つの側面には、後述する図示するリレー光学系が設けられている。

【0133】

最近のLEDの進歩は目覚しく、 $1[1\text{m}]$ 程度の光出力を出すものが販売されており、将来的にはその10倍程度の出力を出せる超高輝度LEDの開発も行われている。また、消費電力及び寿命の点からも優れた性能がある。しかしながら、その光の指向性は 15° 程度であり、分布も均一では無い。その上、液晶表示素子の像をスクリーンに投影するためのズーム光学系（後述）としてはNAが $0.02 \sim 0.03$ 程度の光束が望ましく、前記液晶

表示素子のバックライトに高輝度LEDの光を効率良く用いることは容易ではない。

【0134】

そこで本実施の形態では、高輝度LEDの青色(B)、赤色(R)、緑色(G)それぞれ1個以上の高輝度LED166を用意し、各LEDの射出位置に光ファイバー165を設け、同光ファイバー165を集めて丸く束ね、前記液晶素子のバックライト照明系163の瞳位置から射出する構成としている。一般にLEDの発光チップの発光面積は200 μ m程度であり、それ以上の直径のコアを持つ光ファイバーを発光面に設置する。例えば、LEDの照度を1[lm]とすると、バックライト照明163の瞳の大きさは、設計上4mm ϕ 程度であり、この大きさの照明系を設計する場合は、0.8mm ϕ の光ファイバーならば約20本程度の束を瞳面に配置できる。よって、同照明系瞳位置に20[lm]の照度を持つ均一面発光照明光を射出することが可能となる。

【0135】

ここで光ファイバー165内では所定の角度を持つ光束が繰り返し全反射して光ファイバー165内を進むので、光ファイバー射出部(瞳面)ではその射出角度は入射角度と一致している。このため、光学ロッドと同じ効果で、光ファイバーの射出部では、光ファイバーへの入射光のNAと同じNAの光が射出されるため、無用に光束が広がることなく、ズーム光学系(後述)に光を供給することができる。従って、均一度が向上する照度均一光学系の役割も果たす。例えば、この瞳面での射出角度は液晶素子169の照射面積を決定するので、LEDの指向特性と照明系の倍率調整、ファイバー本数により調整が可能となる。

【0136】

更に、一つのLEDから導くファイバーは1本である必要はなく、より径の小さいファイバーを束ねて使用することも考えられる。この場合は瞳上で束ねられたファイバー本数が多くなるので、瞳面の形状を円に近づけることが可能となる。更に、ファイバー径が小さい場合、LEDの指向性に合わせた配置が可能となり、瞳面での射出角度を小さくすることが可能となる。

【0137】

図8-2は青色、赤色、緑色を発光する冷陰極管167を用いた照明光学系を示す図である。なお、図8-2において、図8-1に示された構成要素と同じ構成要素には、同じ符号を付して説明を省略することがある。冷陰極管は熱陰極管と比べて小型化することが可能であり、消費電力、長寿命の点からもCRT等のバックライトとして用いられている。しかしこれらのディスプレイバックライトは冷陰極管からの光束を拡散板等で拡散することで使用するのが一般的であり、この実施の形態のように、液晶素子からスクリーンまでのズーム光学系(後述)としてNAが0.02~0.03程度の光束に制限されたものに使用することは難しい。

【0138】

そこで本発明では、青色、赤色、緑色それぞれ1個以上の冷陰極管167を用意し、各冷陰極管の射出位置に光ファイバー164を設け、同光ファイバー164を集めて丸く束ね、前記液晶素子のバックライト照明系163の瞳位置から射出する構成としている。冷陰極管としては一般に2mm ϕ ×40mm程度が最小のものであり、同冷陰極管に指向性を持たせるための反射ミラー168を設置し、ファイバーを40mmの間に敷き詰めるようにする。例えば1mm ϕ のファイバーなら40本敷き詰め、同ファイバーをほぼ隙間無く束ねると10mm ϕ 程度の円形状にでき、同照明系瞳位置から高い照度を持つ均一照明光を射出することが可能となる。光量が冷陰極管一本で足りない場合は、複数本の冷陰極管を用いることも可能となる。

【0139】

このように高輝度LED166や冷陰極管167をバックライトとして使用することで消費電力を抑え、長寿命で光源交換のわずらわしさが無くなり、ハロゲンランプを用いる場合のファン等も必要がなく、シンプルな装置構成にすることができる。

【0140】

図8-1、図8-2においては、透過型の液晶表示素子169を用いた場合について説明しているが、反射型の液晶表示素子を用いた場合には、高輝度LEDや冷陰極管共に白色光を発光するタイプを用い、図8-1、図8-2で示した方法と同様にして、照明光学系の瞳位置に発光面を形成する。

【0141】

透過型液晶表示素子を用いた場合も、反射型液晶表示素子を用いた場合も、白色光の光源を用いた場合には、その後3色ビームスプリッターにより光束を赤、青、緑に分離して各反射型液晶素子にて反射された光束を再び3色合成プリズムで合成しズーム光学系に合成光束を射出する構成となる。

【0142】

このように、発光画面GをスクリーンGとして置き換えた場合の照明系については問題が解決したので、この構成により、今までに無い新たな効果を出すことが可能となってくる。その一例として、図19を用いて、2つの発光型の2次元画像出力装置（液晶表示素子部と色合成プリズムをまとめてこのように呼ぶこととする）150X、150Yから出力された画像を分割・合成することにより、右目2Rと左目2Lに色々な画像を提供する方法を説明する。図19は、SXGA液晶表示素子からなる2次元画像出力装置150X、150Yの2つを用い、それぞれの光束を合成・分割するビームスプリッタを設け、同ビームスプリッタをハーフプリズム153タイプと全反射タイプ（通常の両面ミラー）又は全透過タイプ（通常の透明体）の光学部材154に切り替えることで、前述の合成及び、左右両目に別々の視差のある画像を投影することで立体画像の提示両方ができる機構を示したものである。

【0143】

図19において、図19の(a)は大きさの異なる画像x、yを合成し、左右の目に同一画像として表示(c)する例である。yは高解像度の出力画像であり、xは周辺情報や画像の出力画像である。一方、(b)は大きさが同一の異なる画像x、yを左右の目に異なる画像として表示(d)する例であり、x、y画像を視差のある別画像とすることで、立体画像を楽しむことができる。図19の(a)、(b)は、2次元画像出力装置150Xから出力された光束xと2次元画像出力装置150Yから出力された光束yを合成するハーフミラープリズム153と、同ハーフミラープリズム153と光路が等しくなるように設計された光学部材（この場合は通常の透明体）154を切り替えた時の光束x、yの光路を示したものである。

【0144】

図19の(a)では、2次元画像出力装置150Yから出力された画像yの光束は、光学リレー機構151Yと光学的ズーム機構152X、152Yにより、コンテンツの出力画像の解像度に対応した大きさに、スクリーン149L、スクリーン149R上でズームダウンされる。一方、2次元画像出力装置150Xから出力された光束xは、光学リレー機構151Xと光学的ズーム機構152X、152Yによりスクリーン149L、スクリーン149R上で全視野画像にズームアップされる。これらの光束yと光束xは、ハーフプリズム153によりそれぞれ分割・合成され、光束x、yとして、図示を省略した前述の接眼光学系により、それぞれ左眼球2Lの網膜上と、右眼球2Rの網膜上に同一画像(c)として投影される。

【0145】

一方、図19の(b)では、2次元画像出力装置150Yから出力された光束yは、光学リレー機構151Yと光学的ズーム機構152Yにより、所定の画像の大きさにスクリーン149L上にズームアップされる。一方、2次元画像出力装置150Xから出力された光束xは、光学リレー機構151Xと光学的ズーム機構152Xにより光束yと同じ大きさの光束xでスクリーン149R上にズームアップされる。これらの光束yと光束xは、光学部材154によりそれぞれ分割・合成されることなく透過し、それぞれ独立した画像(d)として、図示されていない前述の接眼光学系により、左眼球2Lの網膜上と、右眼球2Rの網膜上に別々に投影されることで、視差による立体像を楽しむことができる。

【0146】

なお、スクリーン149Lと左眼球2Lの間、スクリーン149Rと左眼球2Rの間には、図示されていないが例えば図8Aに示すような接眼光学系が配置されており、スクリーン149L、スクリーン149Rは、例えば図8Aにおける発光画面Gに相当することになる。

【0147】

この例では、両方の画像はSXGA液晶表示素子を用いた高画質画像であり、(c)のような周辺画像部分でも鮮明な画像を得ることができる。これは、例えば(c)の光束yを映画館のスクリーン画像とすると、周辺画像xとしては映画館の視聴者を含む周辺画像として提供すれば良い。周辺の画像の画質が良いので、本当に映画館にいるような臨場感を味わうことができ、その結果、奥行きのある画像として視聴できるという効果がある。それだけでなく、2つのSXGA液晶表示素子のみで、前述の計4つの液晶表示素子を有する機構と同じ性能を得ることができるので、コストを下げ、大きさを小さくする点で大きな効果がある。

【0148】

このように、発光型の2次元画像表示素子から出力された画像をズーム光学系により前記スクリーン上に投影することは様々な利点があるが、実際にどの程度のズーム倍率を考えれば良いかを次に述べる。

【0149】

まず、 $\pm 60^\circ$ の視野角度を確保し、スクリーン上で眼幅と同じ65mmの大きさとした場合、2次元液晶表示素子の画面サイズは0.8~0.9インチ程度なので、20mm~23mmの画像を65mmに拡大する約3倍程度の拡大ズーム機構が必要になる。一方、ハイビジョン画像対応であるSXGA液晶表示素子に対し、ドットの完全に見えなくなるテレビサイズは40~50インチのテレビを数メートル離れて見る場合である。よって、視野角度として $\pm 18^\circ$ まで画面サイズを光学的に小さくできる構成とし、それ以上小さい画面は電気的な切り替えで画面サイズを小さくする構成とすれば、ドットが認識できず、SXGA液晶素子の微細ドットを有効に使用することができる。よって、ズーム倍率としては

$$\tan(60^\circ)/\tan(18^\circ) = 4 \sim 5 \text{ 倍}$$

程度のズーム倍率が必要となる。これは画角にして13~65mmとなり、2次元液晶表示素子の寸法から考えると、縮小~拡大まで対応したズーム機構としなければならない。

【0150】

以下、第7の実施の形態として、第6の実施の形態において、発光画面Gとして63mmの大きさのスクリーン画像を視野角が $\pm 60^\circ$ 使用者の眼に導くような接眼レンズを用いた場合に使用されるスクリーン上に液晶面の画像を投影するズーム光学系の例を、図9~図11を用いて説明する。このズーム光学系は、SXGA液晶表示素子の画像を、発光画面Gでのサイズが12.4mm~63.6mmの範囲となるように変化させることができる5倍ズーム系である。

【0151】

一般的なズーム光学系はカメラや写真引き伸ばし機に利用されており、物体面や投影面が離れており、且つ拡大光学系のみで利用されるものが殆どである。しかしながら、本発明に関連したズーム光学系は物体面と投影面の距離が短く、かつ、縮小~拡大までの5倍もの倍率変化をカバーする必要があるため、色収差の特性が縮小系と拡大系で変化することに対応した設計とする必要がある。

【0152】

この問題を解決するために、図9A、図10A、図11Aに示すように（これらはズーム条件が異なるだけで同じ光学系である）、液晶表示素子画像出力面OBJ側からL91~L96で構成されるレンズ群に少なくとも2つの貼り合せレンズを用い、瞳面(レンズL97の前面と同位置)までの光学系内で完全に色収差を補正する構成としている。瞳面には開口絞りSTOが設けられており、開閉によりスクリーンG上の照度を任意に変える

ことができるようになっている。貼り合せレンズ (L 9 1, L 9 2) を液晶素子画像出力面 O B J からレンズを介さない位置に配置し、貼り合せレンズ (L 9 5, L 9 6) を瞳面近傍に配置することで、像高に起因する色収差を貼り合せレンズ (L 9 1, L 9 2) にて補正し、フォーカス方向に関する色収差を貼り合せレンズ (L 9 5, L 9 6) で補正する構成としている。液晶素子画像出力面 O B J から瞳面までを長い光束としているのは、各レンズの曲率を小さくし、できるだけ諸収差が大きくならないように配慮したためである。

【0153】

次にズームを行うためのレンズ群の説明を行う。ズーム系は貼り合せレンズ (L 9 7, L 9 8) 及び貼り合せレンズ (L 9 9, L 9 A) で構成され、共に凹レンズとなっている。これは 5 倍の倍率変化を起こさせるには凹レンズの組み合わせが必要なためである。その理由は、ズーム系は 1 枚の凹レンズで倍率を変更するが、倍率変更に応じてフォーカス位置が変化する。よって、変化したフォーカス位置を元に戻すために、もう 1 枚の凹レンズが必要となる。これらの凹レンズは、倍率が可変でフォーカス位置が変わらないよう、同期して位置を移動させる。勿論、凹レンズと凸レンズの組み合わせでもこのようなことは可能であるが、凹レンズ 2 枚の組み合わせで行う方が、倍率の可変幅を大きくでき、設計が容易である。

【0154】

前者の貼り合せレンズ (L 9 7, L 9 8) あ h フォーカス位置の決定、後者の貼り合せレンズ (L 9 9, L 9 A) は倍率可変に使用している。これらのレンズは固定されたレンズ L 9 6 ~ レンズ L 9 B 間を移動するので、色収差の発生条件が各場所で異なり、全倍率条件で色収差を補正することはできない。そのため、貼り合せレンズ (L 9 D, L 9 E) を加えて、それぞれの倍率条件でうまく色収差及びその他の収差が補正されるように貼り合せのレンズ硝材及び貼り合せ面の曲率を設定している。この光学系の光学設計値を表 9 に示す。

【0155】

【表 9】

(表 9) 画面サイズ横 12.4 mm				
面番号	面の曲率半径	光軸上の面間隔	RMD	硝材
OBJ:	INFINITY	97.000000		
1:	-300.00000	3.000000		SNPH2_OHARA (L 9 1)
2:	195.00000	2.000000		TAFD30_HOYA (L 9 2)
3:	-300.00000	1.000000		
4:	200.00000	5.000000		TAFD30_HOYA (L 9 3)
5:	-400.00000	1.000000		
6:	90.00000	5.000000		TAFD30_HOYA (L 9 4)
7:	115.00000	105.000000		
8:	40.00000	5.000000		TAFD30_HOYA (L 9 5)
9:	-31.00000	3.000000		SNPH2_OHARA (L 9 6)
10:	-135.00000	0.000000		
STO:	INFINITY	0.500000		
12:	-38.00000	5.000000		TAFD30_HOYA (L 9 7)
13:	25.00000	3.000000		SNPH2_OHARA (L 9 8)
14:	98.00000	3.430000		
15:	-38.00000	5.000000		TAFD30_HOYA (L 9 9)
16:	28.00000	3.000000		SNPH2_OHARA (L 9 A)
17:	86.00000	34.670000		
18:	-151.00000	3.000000		TAFD30_HOYA (L 9 B)
19:	-46.00000	1.000000		
20:	300.00000	6.000000		TAFD30_HOYA (L 9 C)
21:	-150.00000	1.000000		
22:	200.00000	5.000000		TAFD30_HOYA (L 9 D)
23:	-63.00000	5.000000		SNPH2_OHARA (L 9 E)
24:	200.00000	115.000000		
25:	INFINITY	3.000000		TAFD30_HOYA (L 9 F)
26:	180.00000	5.000000		SNPH2_OHARA (L 9 G)
27:	INFINITY	10.772097		
発光画面 G	INFINITY	0.000000		

【0156】

これらの設計条件で設計した第7の実施の形態で、画像の大きさが12.4mmで最も小さい縮小系の光学図面を図9Aに示している。光学系としては、スクリーンGへの投影像の主光線は収束方向に非テレセントリックとなっている。図9Bには、この光学系における球面収差、非点収差、ディストーションを示しているが、良好な結果である。又、図9Cにはスポットダイヤグラム、図9Dには、各像高毎の横収差プロット出力図を出しているが、全像高で35 μ m以内の収差となっており、良好な画質が得られていることがわかる。

【0157】

次に、図10Aに、画像の大きさが25.13mmで、図9に示した状態からはおよそ2.5倍のズーム状態である時の光学図面を示す。レンズL96とレンズL97間の距離を0.5mm→8.38mmとし、レンズL98とレンズL99間の距離を3.43mm→6.5mmに変えることで2倍弱のズームを実現している。この光学系の光学設計値を表10に示す。

【0158】

【表 10】

(表 10) 画面サイズ横 25.13 mm				
面番号	面の曲率半径	光軸上の面間隔	RMD	硝材
> OBJ:	INFINITY	97.000000		
1:	-300.00000	3.000000		SNPH2_OHARA (L 9 1)
2:	195.00000	2.000000		TAFD30_HOYA (L 9 2)
3:	-300.00000	1.000000		
4:	200.00000	5.000000		TAFD30_HOYA (L 9 3)
5:	-400.00000	1.000000		
6:	90.00000	5.000000		TAFD30_HOYA (L 9 4)
7:	115.00000	105.000000		
8:	40.00000	5.000000		TAFD30_HOYA (L 9 5)
9:	-31.00000	3.000000		SNPH2_OHARA (L 9 6)
10:	-135.00000	0.000000		
STO:	INFINITY	8.380000		
12:	-38.00000	5.000000		TAFD30_HOYA (L 9 7)
13:	25.00000	3.000000		SNPH2_OHARA (L 9 8)
14:	98.00000	6.500000		
15:	-38.00000	5.000000		TAFD30_HOYA (L 9 9)
16:	28.00000	3.000000		SNPH2_OHARA (L 9 A)
17:	86.00000	23.720000		
18:	-151.00000	3.000000		TAFD30_HOYA (L 9 B)
19:	-46.00000	1.000000		
20:	300.00000	6.000000		TAFD30_HOYA (L 9 C)
21:	-150.00000	1.000000		
22:	200.00000	5.000000		TAFD30_HOYA (L 9 D)
23:	-63.00000	5.000000		SNPH2_OHARA (L 9 E)
24:	200.00000	115.000000		
25:	INFINITY	3.000000		TAFD30_HOYA (L 9 F)
26:	180.00000	5.000000		SNPH2_OHARA (L 9 G)
27:	INFINITY	10.749815		
発光画面 G:	INFINITY	0.000000		

【0159】

光学系としては、スクリーン G への投影像の主光線はテレセントリック状態に近いが僅かに拡散方向に非テレセントリックとなっている。図 10 B には、この光学系における球面収差、非点収差、ディストーションを示しているが、良好な結果である。又、図 10 C にはスポットダイアグラム、図 10 D には横収差プロット出力図を出しているが、全像高で $50\mu\text{m}$ 以内の収差となっており、良好な画質が得られていることがわかる。但し、図 9 D と図 10 D の横収差プロット出力図を見ると、その特性が変わっているのが良く分かる。

【0160】

次に、図 11 A に、画像の大きさが 63.6mm で、図 9 に示した状態からはおよそ 5 倍のズーム状態である時の光学図面を示す。レンズ L 9 6 とレンズ L 9 7 間の距離を $0.5\text{mm} \rightarrow 10.68\text{mm}$ とし、レンズ L 9 8 とレンズ L 9 9 間の距離を $3.43\text{mm} \rightarrow 27.0\text{mm}$ に変えることで 5 倍のズームを実現している。光学系としては、スクリーン G への投影像の主光線は拡散方向に大きく非テレセントリックとなっており、貼り合わせレンズ L 9 F、L 9 G が無い場合は、今までと同様にスポットダイアグラムと横収差プロット出力図を出してみると、やはり収差が大きくなっており、色収差が $100\mu\text{m}$ 程度残存してしまうことが判明した。

【0161】

そこで、本発明では通常のカメラズームとは異なり、物体面の近傍に光学系を配置することが可能なのでそれを利用し、スクリーンGの近傍に貼り合せレンズ（L9F、L9G）を設置し、画角が大きくなった場合に色収差補正が可能な構成とした。説明はしていないが、既に図9Aと図10Aにも同貼り合せレンズ（L9F、L9G）が入っている。画角が小さい場合、この貼り合せレンズ（L9F、L9G）は収差に大きな影響を及ぼさないことは確認済みである。図10Aに示した光学系の光学設計値を表11に示す。

【0162】

【表11】

(表11) 画面サイズ横63.6mm

面番号	面の曲率半径	光軸上の面間隔	RMD	硝材
OBJ:	INFINITY	97.000000		
1:	-300.00000	3.000000		SNPH2_OHARA (L91)
2:	195.00000	2.000000		TAFD30_HOYA (L92)
3:	-300.00000	1.000000		
4:	200.00000	5.000000		TAFD30_HOYA (L93)
5:	-400.00000	1.000000		
6:	90.00000	5.000000		TAFD30_HOYA (L94)
7:	115.00000	105.000000		
8:	40.00000	5.000000		TAFD30_HOYA (L95)
9:	-31.00000	3.000000		SNPH2_OHARA (L96)
10:	-135.00000	0.000000		
STO:	INFINITY	10.680000		
12:	-38.00000	5.000000		TAFD30_HOYA (L97)
> 13:	25.00000	3.000000		SNPH2_OHARA (L98)
14:	98.00000	27.000000		
15:	-38.00000	5.000000		TAFD30_HOYA (L99)
16:	28.00000	3.000000		SNPH2_OHARA (L9A)
17:	86.00000	0.920000		
18:	-151.00000	3.000000		TAFD30_HOYA (L9B)
19:	-46.00000	1.000000		
20:	300.00000	6.000000		TAFD30_HOYA (L9C)
21:	-150.00000	1.000000		
22:	200.00000	5.000000		TAFD30_HOYA (L9D)
23:	-63.00000	5.000000		SNPH2_OHARA (L9E)
24:	200.00000	115.000000		
25	INFINITY	3.000000		TAFD30_HOYA (L9F)
26:	180.00000	5.000000		SNPH2_OHARA (L9G)
27:	INFINITY	10.772577		
発光画面G	INFINITY	0.000000		

【0163】

図11Bにはこの構成における球面収差、非点収差、ディストーションを示しているが、良好な結果であり、図11Cにはスポットダイヤグラム、図11Dには横収差プロット出力図を出しているが、像高0.5（視野角度で $\pm 30^\circ$ ）以内では、 $50\mu\text{m}$ 以内の収差となっており、像高1（視野角度で $\pm 60^\circ$ ）の条件でも $80\mu\text{m}$ 以下のスポットダイヤグラムであり、良好な画質が得られていることがわかる。前述のように、図9Dと図10D、図11Dの横収差プロット出力図を見ると、その特性が3段階に変わっているのがよく分かるが、前述の5枚の貼り合せレンズによる色収差補正を実現することで、全可変倍率で良好な投影像を得られる。

【0164】

以下、本発明の第8の実施の形態に使用される、より性能の高いズーム光学系の例を、図12A～12(h)を用いて説明する。

【0165】

以前の説明においては、スポットダイヤグラムと横収差プロット図のみで説明してきたが、実際にはそれぞれ像高及び色による収差はフォーカス方向にそれぞれ異なる最適位置があり、その最適位置で評価を行う必要がある。更に、今回のズーム系で拡大された像を更に接眼光学系で拡大して観察するため、例えば液晶スクリーンが $22.1\text{mm}\phi$ に入り、アスペクト比は16:9と仮定して液晶部の大きさを求めると、液晶パネルの横サイズは 19.26mm 、縦サイズは 10.83mm となる。即ち、1280画素の場合は横に $19.26\text{mm} \div 1280 = 15\mu\text{m}$ 、縦に $14.3\mu\text{m}$ の画素であり、そのピッチを解像できるにはピッチで考えて $30\mu\text{m}$ の分解能がズーム光学系に必要となる。

【0166】

周波数にして $1000 \div (15+14.3) / 2 = 34.13\text{Hz}$ のMTFを最適フォーカス位置で求めることで、収差の評価が可能となる。但し、MTFの場合限界解像度があり、NA（開口数）を小さくすると、いくら横収差や色収差が良くても像自体が解像できない。よって、NAを大きくすることが光学系にとって重要となるし、光量を得るにも都合が良い。しかし、NAを大きくするとレンズの球面収差等の影響を大きく受け、これがMTFを悪化させる原因にもなる。

【0167】

そこで、第8の実施の形態である光学系では、前述のようにスクリーン手前に色収差補正レンズを組み込むと共に、移動ズーム光学系のすぐ後の曲率の大きいレンズの曲面に前述のコーニック面を入れている。これによりレンズ周辺を通る光束の球面収差が改善し、大きなNAで良好な収差特性が得られる。第8の実施の形態の光学系の光学設計値を表12、表13に示す。表12、表13は、本来一つの表であるが、1頁に入りきらないので分割して示したものである。

【0168】

【表 1 2】

(表 1 2)						
面番号	曲率	レンズ厚	硝材	有効半径	レンズ 寸法	備考
液晶表示 素子面		97				レンズ、液晶表示素子 間距離
S1	-350	3	SNPH2_OHARA	11.7308		
S2, S3	194	2	SLAH58_OHARA	11.8343		貼り合せ面
S4	-350			11.8789	25.7578	
		1				レンズ間距離
S5	200	5	SLAH58_OHARA	11.9231	25.8462	
S6	-400			11.8654		
		1				レンズ間距離
S7	90	4	SLAH58_OHARA	11.7667	25.5334	
S8	115			11.4302		
		110				レンズ、瞳間距離
		10				レンズ間距離
S9	40.8	3	SLAH58_OHARA	2.931		
S10, S11	-24	3.5	SNPH2_OHARA	2.9601		貼り合せ面
S12	-70			3.0075	8.015	
可変		1				レンズ間距離
s13	-38	5	SLAH58_OHARA	2.9937		
S14, S15	23.2	3	SNPH2_OHARA	3.1501		貼り合せ面
S16	98			3.2234	8.4468	
可変		1				レンズ間距離
S17	-38	5	SLAH58_OHARA	6.3685		
S18, S19	30	3	SNPH2_OHARA	7.1443		貼り合せ面
S20	86			7.4226	16.8452	
可変		50				レンズ間距離

【0 1 6 9】

【表 13】

(表 13)						
面番号	曲率	レンズ厚	硝材	有効半径	レンズ寸法	備考
S21	-60	4	SLAH66_OHARA	13.5593		
S22	-50			14.2994	44.6	コーニック面: $K=-0.235$
		0.5				レンズ間距離
S23	500	3	SLAH58_OHARA	14.7214		
S24	-125			14.8457	31.6914	
		0.5				レンズ間距離
S25	200	3	SNPH2_OHARA	14.8804	31.7608	
S26, S27	53	5	SLAH58_OHARA	14.7602		貼り合せ面
S28	-198			14.7108		
		0.5				プリズム間距離
		32	SLAH58_OHARA	14.5996	32	プリズム or ハーフミラー
		0.5				プリズム間距離
		32	SLAH58_OHARA	14.0066	32	プリズム or ハーフミラー
		0.5				プリズム間距離
		32	SLAH58_OHARA	15.4218	32	プリズム or 立方体ガラス
		3				レンズ間距離
S29	-80	3	SLAH58_OHARA	15.5415		
S30	-60			15.8653	33.7306	
		1.5				レンズ間距離
S31	-140	3	SLAH58_OHARA	15.9076		
S32	160			16.1997	34.3994	
		4				レンズ間距離
S33	-80	3	SLAH58_OHARA	16.509		
S34, S35	-61	3	SNPH2_OHARA	16.9972		貼り合せ面
S36	-79.5			17.7256	37.4512	
		57				レンズ間距離
S37	-80	6	SNPH2_OHARA	28.4376		
S38, S39	-52	3	SLAH58_OHARA	29.0976		貼り合せ面
S40	-80			30.7272	60	
		2.19623				レンズ間距離
発光画面 G: INFINITY		0				

【0170】

ここでは S22 面 (レンズ LAB の像面側の面) がコーニック定数 -0.235 のレンズを使用しており、NA を 0.025 まで大きくした 5 倍のズーム機構を実現している。

【0171】

なお、以上の表において、硝材を表すのに、「商品名 (コード名) __メーカー名」で表している。各硝材の屈折率は、表 14 に示すとおりである。このうち、SLAH66 は非球面に対し加工し易い硝材として用いている。

(表 14)

【0172】

【表 14】

商品名	CODES	各波長に対する屈折率											
		1014nm	852.1nm	706.5nm	656.3nm	587.6nm	546.1nm	486.1nm	435.8nm	404.7nm	365nm		
メーカー													
SCHOTT	F2	1.60279	1.60671	1.61227	1.61503	1.62004	1.62408	1.63208	1.64202	1.65064	1.66623		
SCHOTT	SK11	1.5533	1.55597	1.55939	1.56101	1.56384	1.56605	1.57028	1.5753	1.57946	1.58653		
HOYA	TAFD5	1.81445	1.81928	1.82594	1.82919	1.835	1.83962	1.84862	1.85955	1.86881	1.88494		
HOYA	FCD1	1.49008	1.49182	1.49408	1.49514	1.497	1.49845	1.50123	1.50451	1.50721	1.51175		
HOYA	EFDS1	1.88185	1.89064	1.90366	1.91038	1.92286	1.93323	1.95457	1.98281	2.0092	2.06216		
HOYA	TAC8	1.71407	1.71788	1.72279	1.7251	1.72916	1.73234	1.73844	1.74571	1.75176	1.76205		
HOYA	TAF3	1.78551	1.79001	1.79607	1.799	1.8042	1.80831	1.8163	1.82595	1.83408	1.84819		
SCHOTT	SF59	1.90974	1.91856	1.93218	1.93927	1.9525	1.96349	1.98604	2.01557	2.04269	2.09804		
HOYA	TAF5	1.79722	1.80172	1.8078	1.81074	1.816	1.82017	1.82827	1.83801	1.84619	1.86034		
OHARA	SNPH2	1.87807	1.88758	1.90181	1.90816	1.92286	1.93429	1.95799	1.98972	2.01976	2.08215		
HOYA	TAFD30	1.8606	1.86576	1.87299	1.87657	1.883	1.88814	1.89821	1.91045	1.92081	1.93892		
HOYA	TAFD10	1.79597	1.80063	1.80695	1.81002	1.8155	1.81986	1.82833	1.8386	1.84727	1.86235		
OHARA	SLAH58	1.86054	1.86572	1.87298	1.87656	1.883	1.88815	1.89822	1.9105	1.92092	1.93917		
OHARA	SLAH66	1.75541	1.7596	1.76514	1.7678	1.7725	1.77621	1.78337	1.79197	1.79917	1.81158		

【0173】

図12Aは、このような光学系におけるズームの状態を示すものであり、(a)は画角の大きさが18.5mm、(b)は画角の大きさが31.92mm、(c)は画角の大きさが63.13mmのときのものである。図12Aにおいて、LA1~LAKはレンズ、Pは、R、B、G三色合成用プリズム、HMはハーフミラー、P3は全反射プリズム、GLは光路長調整用ガラスである。但しハーフミラー、全反射プリズムでは、説明の都合上光路を折り

曲げず、直進するように描いている。

【0174】

レンズLA1とLA2、レンズLA5とLA6、レンズLA7とLA8、レンズLA9とLAA、レンズLADとLAE、レンズLAHとLAI、レンズLAJとLAKは、それぞれ貼り合わせレンズであり、貼り合わせレンズLA7とLA8、貼り合わせレンズLA9とLAAの位置を調整することによりズーム系を構成している。図12Bは、横収差、色収差のスポットダイヤグラムを従来通りに示すものであり、(a)、(b)、(c)は、それぞれ図12Aの(a)、(b)、(c)に対応する。

【0175】

図12C、図12D、図12Eではフォーカスを振った時の像高毎のMTFを示している。図12Cは、図12Aに示すズーム光学系と、第5の発明の実施の形態における接眼レンズを用いた光学系を使用した場合で、フォーカス方向に可変させたときのMTFの変化を示す。測定条件は、物側の像の空間周波数を33サイクル/1mmとし、NAは0.025、視野方向を18.5°とした場合である。Xは像高方向に対して垂直な方向に光強度変化があったときの本光学系が無収差の場合の理論的なMTF変化(限界解像度)、Yは像高方向と同方向に光強度の変化があったときの本光学系が無収差の場合の理論的なMTF変化(限界解像度)である。そして、像高0.25の場合のX方向(像高方向とは垂直な方向)におけるMTFを細い点線で、像高0.25の場合のY方向(像高方向と平行方向)におけるMTFを太い点線で示し、像高0.5の場合のX方向(像高方向とは垂直な方向)におけるMTFを太い実線で、像高0.5の場合のY方向(像高方向と平行方向)におけるMTFを細い実線で示し、像高0.75の場合のX方向(像高方向とは垂直な方向)におけるMTFを細い一点鎖線で、像高0.75の場合のY方向(像高方向と平行方向)におけるMTFを太い一点鎖線で示し、像高1の場合のX方向(像高方向とは垂直な方向)におけるMTFを細い二点鎖線で、像高1の場合のY方向(像高方向と平行方向)におけるMTFを太い二点鎖線で示した。なお、横軸のスケールは、適当な基準位置から距離を示す。

【0176】

同様に、図12Dの測定条件は、物側の像の空間周波数を21サイクル/1mmとし、視野方向を31.92°としたものであり、線の意味は、図12Cと同じである。更に図12Eの測定条件は、物側の像の空間周波数8サイクル/1mmとし、視野方向を60.13°としたものであり、線の意味は図12Cと同じである。なお、NAはそれぞれ0.025としている。

【0177】

このように、フォーカス位置を適宜変更すれば、どの像高もMTFが0.3以上となる位置がある。ところで、MTFの値が0.3以上であれば、経験的に画像を観賞する際に十分な解像度が得られることが分かっている。したがって、本発明の第8の実施の形態によるズーム光学系においては、あらゆる像高に対しても十分な解像度が得られていることがわかる。

【0178】

これらをまとめたものが、図12Fであり、前述の液晶素子サイズ及び、5m先の1.5mmのCの字隙間が読める視力1.0の人を基準に評価周波数を決定している。

【0179】

これを見ると、視野角度が18.50°の場合(条件1)では、像高1の場合でもMTFは31.5であり30%を超えている。視野角度が31.92°の場合(条件6)も、像高1の場合でもMTFは31.1であり30%を超えている。視野角度が34.28°を超えると、像高1の場合のMTFは30%を割り込むが、元々、前述の通り、ギョロ目動作では視野角度が45%以上でレンズ有効径を超えてしまい、直接画像を観察することができない。人間の目は中心視野以外大きく視力が低下することがわかっているため、周辺画像となる45%以上の収差に対し、像高0~0.5の収差を40%以上に設定する構成としている。また、図12G、図12Hは、それぞれ視野角度が18.50°の場合、視野角度が31.92°の場合の各評価周波数毎のMTFを示したものであるが、コーニック面を使用し、色収差補正を

スクリーン近傍で使用していることにより、安定した周波数特性を得ることができている。

【0180】

以上、図12A～図12Hまでを使用して本発明による第8の実施の形態までを説明したが、図13A～図13Cにて、図19に示した両目対応の画像表示装置に対応して、ズーム光学系152X、152Yに本発明の第8の実施の形態のズーム光学系を適用した概略構成図を示し、図13-1にて、本発明の第5の実施形態の接眼レンズ、本発明の第8の実施の形態のズーム光学系152X、152Y（一部構成省略）及び、2次元画像表示装置150X、150Y、そして、ミクロングレードで精密に粒径が管理された砥粒をクリーンルームでコーティングされたスクリーン149L、149Rを用いて、図19に示した構成を実現した例を示す。

【0181】

図13Aは、第8の実施の形態のズーム光学系を折り曲げて右目出力用としたものであり、図13Bは、第8の実施の形態のズーム光学系を折り曲げて左目出力用としたものである。これらを合成すると、第13(c)に示したような両目に異なる画像を提供する機構となり、分割・合成光学系としてハーフプリズム又はハーフミラーHMを用いると、図13Aに示したズーム光学系と図13Bに示したズーム光学系の倍率を変えて、両目に大きさの異なる中心高解像画像情報及び周辺情報提供画像を両目に同時に出力することが可能となる。

【0182】

これらの図において、P1、P2、P3は全反射プリズムであり、全反射プリズムP1においては、光線は2回反射されて、光軸が反射される前の光軸と平行になっている。全反射プリズムP2、P3においては、光路は90°偏向されている。光路差調整用ガラスGLは、全反射プリズムP1とP3を通る光線の光路差を調整し、両眼の光学系が同じ光学系で構成できるようにするためのものである。又、R、B、G各色の三色合成用プリズムPは、図13Cに示されるように、R、B、G用の3つの液晶素子からの光を合成し、一つの光として光学系に送り込むためのものである。

【0183】

両目に対応した光学系は全て前記ハーフプリズム、ハーフミラーHMの反射面に対し光路長が同じで、かつ、発光画面Gでの最大像寸法が65mmになり、同一数の反射面を持つ構造となっている。そのため、少スペースな構成である上に、部品の共通化や両目に対し共通の画像を提供し易い構成にすることができている。図13-1に、図12Cに示す光学系と、図8Aに示す光学系を組み合わせた、全体の光学系の概要を示す。図13-1において、Eは眼球である。

【0184】

上記図13-1の構成は、両目で同一画像を観察する場合、新たな効果を奏する。本件のような両目に独立したスクリーン画像を接眼レンズにより投影する装置は各接眼光学系の光学的中心間距離と眼幅を一致させることで、左右に発生したディストーションを同じ条件にすることができるので、両目で異なる画像を見る際に引き起こされる違和感や目の疲れを完全に取り除くことができる。しかし、人間の眼幅は個人差があり、5.5cm～7.5cm程度変わるため、液晶表示素子から接眼光学系に至る左右眼用の光学系全体の間隔を、観察者の眼幅に合わせて変えることが望ましい。一部の光学系のみ移動したり、画像出力位置を電氣的に変える場合、左右の収差条件が異なり、同一画像が得られず、両目で異なる画像を見る際に引き起こされる違和感や目の疲れを完全に取り除くことができない。

【0185】

このような問題を解決する光学系の構成の例を図13-2に示す。この構成では、図13C等々に示されている全反射プリズムP1を2つの全反射プリズムP4とP5に分割している。そして、全反射プリズムP2とハーフプリズム・ハーフミラーHMを固定し、全反射プリズムP3と光路差調整用ガラスGLを組にして図の左右に移動させることができる

ようにすると共に、全反射プリズム P5 も図の左右に移動可能としている。LR は右眼用光学系、LL は左眼用光学系をまとめて示したものである。図で (a) と (b) を比較すれば明かなように、全反射プリズム P3 と光路差調整用ガラス GL を組にして図の左右に移動させても、右眼用光学系 LR までの光路長には変化無く、光軸の位置 (図で上下方向) のみを変えることができる。又、全反射プリズム P5 を図の左右に移動させても、左眼用光学系 LL までの光路長には変化無く、光軸の位置 (図で上下方向) のみを変えることができる。

【0186】

図 13-1 ではわかり易くするために光学系を単純化して図示したが、実際の画像表示装置としては、光路長が全長で 350mm もある機構は採用できず、できるだけ光学系を折り曲げることで小さいスペースに入れることが望ましい。そこで図 14 では反射ミラー M1、M2、M3、M4、M5 を用いて、小さいスペースに本発明による光学系を組み込んだ例を示す。この光学系は図 9A に示された、第 7 の実施の形態におけるズーム光学系であるが、図 12A に示された、第 8 の実施の形態におけるズーム光学系でも、このような構成をとれることは言うまでもない。なお、反射ミラー M1~M5 はそれぞれ右眼用と左眼用のために 2 つずつあるが、紙面と直交方向にずれて同一位置にあるので、ここでは簡単のために 1 つのみを図示している。図 14 で OBJ は、液晶表示素子面である。

【0187】

図 14 に示したように、光学系を折り曲げて小さいスペースに入れた理由としては、本光学系を図 15 に示すようなボックス 11 内に収納する必要があるためである。これは前述のように、もし、本発明の実施の形態に解像度が低いものを利用すると、映画館クラスの大きさの画面では、その液晶表示素子が目で見えてしまい、臨場感が失われてしまう。よって、プロジェクター以上の画質を得る場合は、図 16 に示すように、SXGA と呼ばれる解像度縦横が 1280×1024 (16:8 に合わせた 1280×760 でも可) 以上のドットを有する、GRB の各色毎に用意された 3 枚の液晶表示素子 (OBJG, OBJR, OBJB) を、緑色の照明系 LSG、赤色の照明系 LSR、青色の照明系 LSB により別々に照明し、各色毎にカラー像を別々に形成し、合成してその解像度を 3 倍とする技術を導入することが不可欠である。更に、広視野角度による画像を得る場合、光学的にも重く複雑なものを導入せざるを得ない。どうしてもそれらを優先すると、眼鏡型ディスプレイやヘッドマウント型ディスプレイでは大きさ、重量共に許容できないものになってしまう。

【0188】

そこで本発明の実施の形態では、図 17 に示すような広視野角度を持った床置き型ディスプレイを採用している。椅子やベッドへの固定でもよいが、手軽に家庭内で場所を動かしたりできることに鑑みると、この床置き型タイプが最も良いと考えられる。但し、固定したディスプレイは顔の位置を容易に変えることができず、顔を固定することで新たな疲労を発生させてしまう。そのため、この機構は顔を光学部材に設けられたフィット弾性材及び板バネに支えられたイヤホン 120 により、柔らかに覆う形で、顔の位置に合わせて任意の状態に移動できる構成を取っている。この機構は、DVD やビデオプレイヤー、TV 画像出力機 114 等と接続でき、従来のプロジェクターと同様にパソコン、TV ゲーム機 113 等とも接続が可能である。そして、画像合成・変換装置 121 により、それらの既存コンテンツ像をディスプレイ上で歪みがないようにし、複数の像を同時にディスプレイ上に表示できるように設計されている。

【0189】

このデータは伸縮が可能な伸縮棒からなる支持部 115 を介して、関節部を複数有する振動防止型関節棒 116 に支持される全視野角度ディスプレイ装置 118 により、その変換像を表示することが可能となっている。ここで、同装置には振動防止型関節棒 116 及び、全視野角度ディスプレイ装置 118 の重量をキャンセルするためのカウンターバランス部 (ウエイトフリーバランサー) 117 が取り付けられており、人間がその重量を感じず、更に顔の動きに追従するように関節機構が工夫されている。

【0190】

基本的に人間は振動防止型関節棒 116 及び、全視野角度ディスプレイ装置 118 を動かすときの慣性力を感じるだけであり、この機構を採用することで、高画質、広視野角度の画像を得ることが可能となっている。図 18 は本機構を用いてベット上で寝た場合であるが、このような動きが可能な機構にするには振動防止型関節棒 116 の接合部分がポイントとなってくる。

【0191】

図 15 に示す例は、前述の説明においてはボックス 11 として示された全視野角度ディスプレイ装置 11 の重心位置を支持部 13 で支持するようになっている。すなわち、全視野角度ディスプレイ装置 11 には凹部 12 が設けられ、全視野角度ディスプレイ装置 11 の重心位置を球面軸受 13c を介して支持部 13 で支えるようになっている。図 15 の (a) は斜視図、(b) は後部から見た立面図、(c) は平断面図、(d) は側面図である。球面軸受 13c を使用しているため、図 15 (a) に示すように、全視野角度ディスプレイ装置 11 は、支持部 13 の周りに回転が可能である。又、支持部 13 は、部材 13a と部材 13b とからなるテレスコープ構造を有しており、図 15 (b) のように上下に移動可能とされている。又、全視野角度ディスプレイ装置 11 は、凹部 12 の範囲において、図 15 (c) に示すように左右方向に回転が可能であると共に、図 15 (d) に示すように前後方向にも回転が可能とされている。

【0192】

すなわち、球面軸受 (ユニバーサルジョイント) 13c を用いているので、どのように顔を動かしても、 θ_x 、 θ_y 、 θ_z 駆動についての自由度がある構造になっている。特に、図 15 (d) に示すように、首を前後に振ったとき、特に使用者がうつむいたときに必要な角度の回転が可能となっている。

【0193】

この図 15 に示した全視野角度ディスプレイ装置 11 の内部に図 14 の折り曲げ光学系を入れた例を図 16 に示す。この例においては、第 6 の実施の形態において示した図 8A に示す接眼光学系と、第 7 の実施の形態において示した図 9A に示すズーム光学系を使用している。ここでは振動防止型関節棒 116 の支持部 13 が全視野角度ディスプレイ装置 11 の重心位置に設置され、両目 E の光学系の間で動き、光学系と干渉しないようにされている。また、重心位置はできるだけ接眼光学系の近傍にした方がよい。これは重心位置をできるだけ人間の首 HE の位置に近づけることで、首 HE を回転中心とした顔面の動きに沿って全視野角度ディスプレイ装置 118 を動かした時の慣性が小さくなり、スムーズな追従動作を行わせることができるためである。

【0194】

本発明においては、重心位置をできるだけ人間の首の位置に近づける策として、イヤホン 120 部と接眼光学系の重量が重たくなるので、光学系の引き回しを工夫することで、重心位置はできるだけ接眼光学系の近傍とし、重心位置を回転中心としてイヤホン及び接眼光学系の 180 度反対方向に発光液晶部及び電気系等の重量物を設置することで、新たなおもりを設置しなくても図 16 に示したような首に近い位置に重心を置くことができる。なお、図 16 においては、鼻当て部 11a を設けることにより、全視野角度ディスプレイ装置 11 の位置決めを行うようにしている。また、図 16 に示した 13' は、使用者が横になったときにおける支持部 13 の位置を示している。

【0195】

以上説明したように、本発明によれば、人間が見る視界に近い、大きな視界角度を有する高解像、高輝度、良質の動画を提供することが可能となる。本発明による効果の大半は発明の形態を説明する際に行っているため、ここでは更なる効果を説明する。まず接眼光学系についてであるが、コーニック定数 k を $k < 0$ にすること、即ち双曲面、放物線もしくは楕円面を有する凸レンズを瞳位置 (水晶体) 近傍に配置し、貼り合せレンズをスクリーン近傍に配置する構造としているので、 $\pm 22.5^\circ$ 以上の広視野角画像でも色収差を含む諸収差を大幅に改善した高画質画像を提供することができている。ここではコーニック定数 k を $k < 0$ にした場合、双曲面、放物線もしくは楕円面のように考えられるが、一

般に非球面は回転対称 2 次曲面であり、その曲面 $Z(r)$ を回転対称 2 次曲面として、 c : 曲率、 $r^2 = x^2 + y^2$ 、 $A, B, C, D, E, F, G, H, J$ を非球面係数 (偶数次) として、

【0196】

【数 2】

$$Z(r) = \frac{c \cdot r^2}{\{1 + \sqrt{1 - (1+k) \cdot c^2 \cdot r^2}\}} + A \cdot r^4 + B \cdot r^6 + C \cdot r^8 \\ + D \cdot r^{10} + E \cdot r^{12} + F \cdot r^{14} + G \cdot r^{16} + H \cdot r^{18} + J \cdot r^{20}$$

で表し、 k はコーニック定数として、 $k < 0$ である任意の定数 $A, B, C, D, E, F, G, H, J$ を組み込んだレンズ面も考えられる。本発明ではこれらの式を使用した回転対称 2 次曲面も含めたものを指している。

【0197】

また、上記組み合わせは眼が視界を広げるためにキョロキョロする動作時にも十分であり且つ鮮明な画像を提供することが可能となる。これは、人間の眼が一つの動作を連続的に行うことで、眼の機能が次第に追従できなくなって「疲れ」を覚えることに対する回避の上で重要な動作であり、その「キョロキョロ」の回避動作時に視界を提供する本発明の実施の形態は、「疲れ」を感じさせないためには重要な役割を担うことになる。

【0198】

次にズーム機構であるが、これは V E 酔いを改善するのにも一役買っている。通常のコンテンツは広視野画像で出力されることを想定していないので、画像を取り込むビデオカメラを固定位置に設置せず、画像効果のために、色々な方向に向けながら映像をとるか、ズームを乱用することが多い。通常の 10～50 インチテレビ画像相当のディスプレイならば全く問題ないが、本発明による 60° 以上 (100 インチ相当) の画面では『自己運動知覚: 「自分が動いているような錯覚」を生じ、平衡の感覚に影響する。広範囲の視野に情報を与える動きのある映像は平衡感覚に影響し、映像による視覚情報と体性感覚情報のミスマッチにより不快・酔いを生じることがある。』症状を引き起こす可能性がある。しかし、固定されたカメラによる風景や遠方の 60° 以上 (100 インチ相当) の無限遠広視野画像は、実際に近い画像であり、臨場感あふれ、視差無く自然な立体感も得られるので、リラクゼーションや目の疲労回復に大きな効果がある。

【0199】

よって画像表示装置としては、コンテンツの解像度のみでなく、どのような内容の画像かによっても、ズーム機構を用いて調整することで、快適な画像情報を得ることができる。そのため、ズーム機構としては自己運動知覚が発生する可能性の高い 60° 以上 (100 インチ相当) の無限遠広視野画像から自己運動知覚が発生し難い 30° 以下 (50 インチ相当) の画像まで約 2 倍以上のズーム機構を有していることが望ましい。

【0200】

また、現状存在する DVD、ビデオ、BS 画像等のコンテンツは画角が決まっており、広い視界ではなく、その画質に応じた画面の大きさが望ましい。すなわち、むやみに画角を拡大すると、画素の荒さが目で確認できてしまい、大画面が得られるメリットよりも、画質の悪さが気になってしまうデメリットの方が大きくなる。よって、本実施の形態においては、それらのコンテンツに対する最適な画角にズーム機構を用いて設定し高画質を常に得られるようにしている。画像のドットサイズを考慮すると、視野角で ±18°～±60° 程度の約 4～5 倍のズーム機構があることが望ましい。

【0201】

更に、本発明の実施の形態では、上記の表示装置を左右眼球に対し、少なくとも一方に配置する構造や、前記表示装置を、左右眼球に対し別々に配置し、眼球の間隔に応じて位置を調整可能とするような、あらゆる構造を提供することが可能なので、用途に合わせた幅広い活用方法が考えられる。これは前述の眼幅に合わせた光学系シフト、ズーム機構だ

けでなく、スクリーンと人間の目の間にある接眼光学系の一部若しくは全体をフォーカス方向に両接眼系別々に移動できる構成を取ること、近視、遠視、乱視の方全てにメガネやコンタクトを付けること無く良好な無限遠像を見てもらうことが可能となる。更に、スクリーンと接眼光学系間の相対距離を近づけることで、画像内容に合わせた近い物体を見えるような条件にもすることができるので、より一層の臨場感を得ることができる。この場合、スクリーンGには、光軸方向に駆動力を与える駆動機構が設けてあればよく、更にズーム光学系は、液晶表示素子からスクリーンGに投影する距離の変化に応じて、焦点位置を可変させるピント合わせ機構を具備していればよい。

【0202】

更に、前記光電素子は光束方向に直交した2次元発光型の液晶表示素子を導入しており、細かい分解能、低消費電力でより本当の視界に近い画像情報を提供することができる。発光部分については高輝度LED若しくは冷陰極管を使用しており、低消費電力、寿命、大きさの面で大きな効果を生む。更に、光ファイバーを用いることで少ないスペースで輝度の高い均一照明を実現できているが、元々赤色・緑色・青色の光源には照度の違いや指向角度の違い等があり、これらを同じ条件の照度に整えるためにも、光ファイバーを使用する効果は大きい。

【0203】

但し、ここで2次元発光型の液晶表示装置から出力される光量が決まってしまった場合、ズーム光学系及びハーフミラーによる2つの画面合成にて倍率の違いによる照度の差が発生してしまう可能性がある。そこで本発明としては、上述の光源に与える電流値を、画面合成時の倍率の差に応じて可変とすることで、前記高輝度LED若しくは冷陰極管自体の照度を倍率可変に応じて制御し、合成画像の照度に大きな差異が発生しないようにしている。但し、電流可変による照度可変は熱分布の変化になり、発光波長自体が変化し、色のバランスが取れなくなる可能性もある。そこで、光源に与える電流値を可変にするのではなく、合成するそれぞれの画像の光源を十分明るくし、それぞれの画像の照度の調整は、ズーム光学系の瞳面近傍に開口絞りSTOを設置し、倍率可変に応じて光量を可変するように制御している。また、光量に余裕がある場合は偏光板を2枚組み合わせ、その回転角度を変えることで倍率可変に応じて制御しても良いが、3色ビームスプリッター162では各色毎に偏光特性を持つので、 $\lambda/4$ 板等を用いて偏光特性を無くしておくのが望ましい。

【0204】

更に、本発明では上記構成により、図17の全視野角度ディスプレイ装置118自体で大きな電力を食うことが無い。そこで外部情報を取り込む、BS・110度CSアンテナ入出力端子、電話回線端子、VHF/UHFアンテナ入出力端子、音声入出力端子、画像入出力端子、S画像入出力端子、D(D1/D2/D3/D4)映像入出力端子、光デジタル音声出力端子、i.LINK端子、アナログRGB入出力端子、DC入力端子の付いた接続系を全て全視野角度ディスプレイ装置118自体と切り離し、画像合成・変換装置121に設置している。そして、DVD、テレビ、コンピュータ等の外部情報からの前記端子による入力データを全て赤外線データに変換し、赤外線発信部から前記全視野角度ディスプレイ装置118の赤外線受光部で受け、画像及び音声データに変換後にディスプレイ上に画像情報を提供する構成としている。また、全視野角度ディスプレイ装置118への供給電力はバッテリーを組み込み、未使用時に振動防止型関節棒116を介して充電する構成にすることで、全視野角度ディスプレイ装置118には有線部分がなくなる。よって、本体より取り外し、全視野角度ディスプレイ装置支持機構170を複数設置してある任意の位置に自由に持ち運びできる構成にすることもできる。

【0205】

以上のように本発明では高画質の広域像を画像情報として取り込むことが可能であり、これを利用して色々な組み合わせを考えることで、ウェアラブルディスプレイやウェアラブルコンピュータを越えた、本格的な情報入出力装置を提供することが可能となる。更に、同広域像画像を有効に利用する、新しい感覚のゲームソフトや広域像DVD、広域像ビ

デオテープの販売、更には、バーチャルリアリティの本格的システム提供が可能となる。

【0206】

本発明は、メガネ型ディスプレイ保持方法、頭部保持型ディスプレイ保持方法は勿論、映画館や飛行機の椅子、リラクゼーション用椅子、寝たきり老人看護用ベット等に直接設置することで、重量や装着による不快感を開放した機構として提供することも可能となる。特に、動きの制限を受けている病人や寝たきり老人への臨場感溢れる画像の提供は、大きなリラクゼーション効果があり、病氣回復の活力や、生きる活力を与えられると言う点でもその市場性は大きい。

【0207】

以上の内容を整理すると、本発明を利用する場合、それぞれ次のような市場性が期待できる。

【0208】

重量、疲労感を感じさせない大画面パソコン、CAD・映画館、プロジェクターに替わる大画面ディスプレイ・臨場感溢れる3D大画面画像の提供・前記ビデオ機構からの画像をインターネット受信・寝たきり老人、病人への臨場感ある画像の提供・リラクゼーション画像表示ディスプレイ・新しい感覚のTVゲーム画像の提供・狭い空間での大画面画像の提供・機密性が高い情報の個人向け表示システム・バーチャルリアリティディスプレイ・遠隔操作が可能な大画面ディスプレイ・広い画面でのデジタル新聞受信システム・飛行機等の1stクラスでのリラクゼーションサービス・視力の悪くならない教育教材・アミューズメント施設での新たなディスプレイゲーム等が考えられる。

【図面の簡単な説明】

【0209】

【図1A】本発明の実施形態の前提となる接眼光学系の概要を示す図である。

【図1B】図1Aに示す接眼光学系の収差を示す図である。

【図1C】図1Aに示す接眼光学系の横収差プロット出力図である。

【図2A】本発明の実施形態に使用される接眼光学系の概要を示す図である。

【図2B】図2Aに示す接眼光学系の収差を示す図である。

【図2C】図2Aに示す接眼光学系の横収差プロット出力図である。

【図2D】図2Aに示す接眼光学系の30°キョロ目時における光線追跡図である。

【図2E】図2Aに示す接眼光学系の30°±10°の横収差プロット出力図である。

【図3】人間のキョロ目動作に伴う視野中心の移動を示した図である。

【図4A】本発明の実施形態に使用される接眼光学系の概要を示す図である。

【図4B】図4Aに示す接眼光学系の収差を示す図である。

【図4C】図4Aに示す接眼光学系の30°キョロ目時における光線追跡図である。

【図4D】図4Aに示す接眼光学系の30°±10°の横収差プロット出力図である。

【図5A】本発明の実施形態に使用される接眼光学系の概要を示す図である。

【図5B】図5Aに示す接眼光学系の30°キョロ目時における光線追跡図である。

【図5C】図5Aに示す接眼光学系の30°±10°の横収差プロット出力図である。

【図6A】本発明の実施形態に使用される接眼光学系の概要を示す図である。

【図6B】図6Aに示す接眼光学系の収差を示す図である。

【図6C】図6Aに示す接眼光学系の30°キョロ目時における光線追跡図である。

【図6D】図6Aに示す接眼光学系の30°±10°の横収差プロット出力図である。

【図7A】本発明の実施形態に使用される接眼光学系の概要を示す図である。

【図7B】図7Aに示す接眼光学系の収差を示す図である。

【図7C】図7Aに示す接眼光学系の30°キョロ目時における光線追跡図である。

【図7D】図7Aに示す接眼光学系の30°±10°の横収差プロット出力図である。

。

【図 7 E】図 7 A に示す光学系において視野中心がある場合の、コーニック面と色収差補正レンズを組み合わせた最適フォーカス位置での MTF (b) と、従来の光学系における最適フォーカス位置での MTF (a) とを比較して示した図である。

【図 7 F】図 7 A に示す接眼光学系の変形例の光学系の概要を示す図である。

【図 8 A】本発明の実施形態に使用される接眼光学系の概要を示す図である。

【図 8 B】図 8 A に示す接眼光学系の収差を示す図である。

【図 8 C】図 8 A に示す接眼光学系の 30° キョロ目時における光線追跡図である。

【図 8 D】図 8 A に示す接眼光学系の $30^\circ \pm 10^\circ$ の横収差プロット出力図である。

。

【図 8-1】本発明の実施形態である、高輝度 LED とファイバーを用いた液晶素子照明を示す図である。

【図 8-2】本発明の実施形態である、冷陰極管とファイバーを用いた液晶素子照明を示す図である。

【図 9 A】本発明の実施形態に使用されるズーム光学系で、画角 12.4mm のときの光路図である。

【図 9 B】図 9 A の状態におけるフィールド収差出力図である。

【図 9 C】図 9 A の状態におけるスポットダイヤグラム出力図である。

【図 9 D】図 9 A の状態における横収差プロット出力図である。

【図 10 A】図 9 A に示されるズーム光学系で、画角を 25.13mm としたときの光路図である。

【図 10 B】図 10 A の状態におけるフィールド収差出力図である。

【図 10 C】図 10 A の状態におけるスポットダイヤグラム出力図である。

【図 10 D】図 10 A の状態における横収差プロット出力図である。

【図 11 A】図 9 A に示されるズーム光学系で、画角を 63.6mm としたときの光路図である。

【図 11 B】図 11 A の状態におけるフィールド収差出力図である。

【図 11 C】図 11 A の状態におけるスポットダイヤグラム出力図である。

【図 11 D】図 11 A の状態における横収差プロット出力図である。

【図 12 A】本発明の実施形態に使用されるズーム光学系で、画角を変化させた場合の光路図である。(a) は画角 18.5mm 、(b) は画角 31.92mm 、(c) は画角 63.13mm のものである。

【図 12 B】図 12 A に示すズーム光学系におけるスポットダイヤグラム出力図である。

【図 12 C】図 12 A の (a) の状態における MTF を示す図である。

【図 12 D】図 12 A の (b) の状態における MTF を示す図である。

【図 12 E】図 12 A の (c) の状態における MTF を示す図である。

【図 12 F】図 12 A に示すズーム光学系のズーム条件を変化させたときの、各状態の表を示す図である。

【図 12 G】図 12 A に示すズーム光学系において、視野角度が 18.50° の場合の評価周波数からの周波数毎の MTF を示した図である。

【図 12 H】図 12 A に示すズーム光学系において、視野角度が 31.92° の場合の評価周波数からの周波数毎の MTF を示した図である。

【図 13 A】図 12 A に示すズーム光学系を、一方の眼用に配列した例を示す図である。

【図 13 B】図 12 A に示すズーム光学系を、他方の眼用に配列した例を示す図である。

【図 13 C】図 13 A に示すズーム系と、図 13 B に示すズーム光学系とを組み合わせ、両眼用としたときの配列を示す図である。

【図 13-1】図 13 C に示すズーム系に、接眼光学系を組み合わせた全体配置を示

す図である。

【図 13-2】光路長を変えずに、光学系を眼幅に合わせて調整するための光学系の例を示す図である。

【図 14】図 9A に示すズーム光学系をコンパクトに収納するため、折り曲げ配置した例を示した光路側面図である。

【図 15】本発明による実施形態であるディスプレイ部の保持機構を示す概要図である。

【図 16】図 14 に示した光学系を筐体に収納し、顔面に装着したときの光路パーツの配置の例を示す図である。

【図 17】本発明の実施の形態である画像表示装置を座った状態で使用する状態を示す概念図である。

【図 18】本発明の実施の形態である画像表示装置を寝た状態で使用する状態を示す概念図である。

【図 19】2つの2次元画像出力装置からの出力画像を、両眼に導く方式の例を示す概要図である。

【図 20A】従来技術による接眼レンズ系の構成の例を示す図である。

【図 20B】図 20A に示す接眼光学系におけるフィールド収差出力図である。

【図 20C】図 20A に示す接眼光学系の $\pm 15^\circ$ での横収差プロット出力図である。

。【図 20D】図 20A に示す接眼光学系の $\pm 30^\circ$ での横収差プロット出力図である。

。【図 21A】従来技術による接眼レンズ系の構成の例を示す図である。

【図 21B】図 21A に示す接眼光学系におけるフィールド収差出力図である。

【図 21C】図 21A に示す接眼光学系の $\pm 15^\circ$ での横収差プロット出力図である。

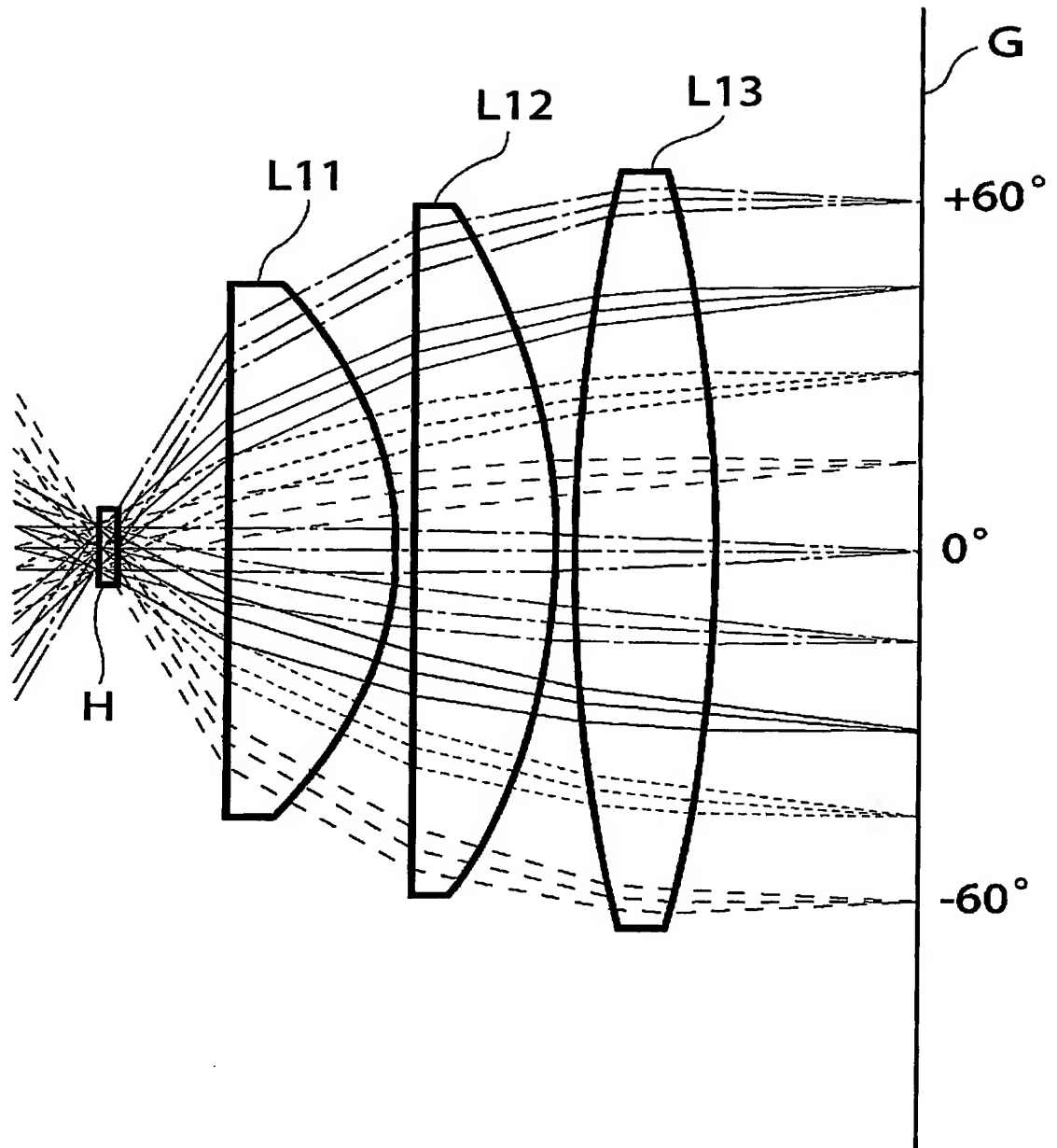
。【図 22】眼鏡型ディスプレイ及び頭部装着型ディスプレイの代表的な実施形態を示した図である。

【符号の説明】

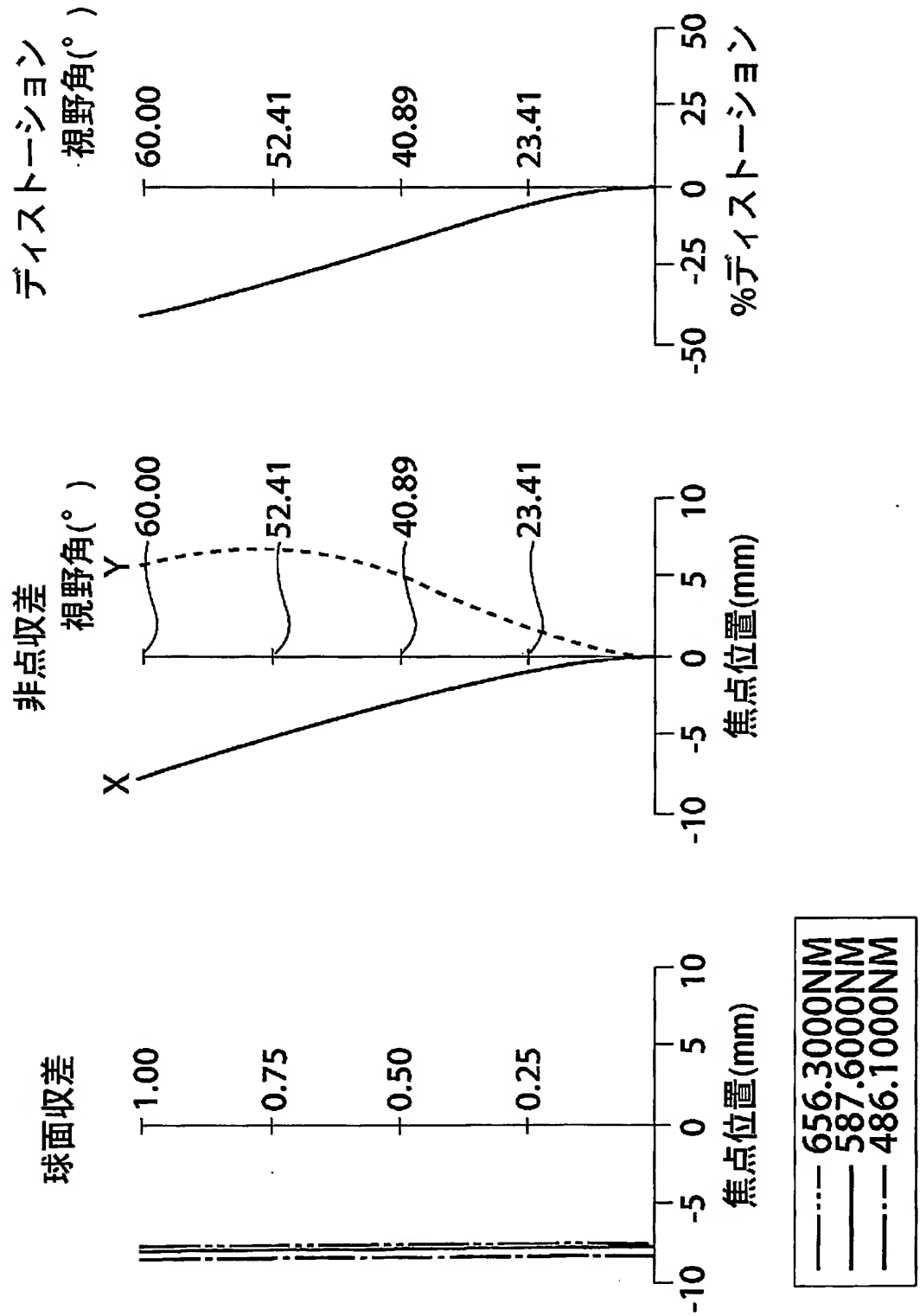
【0210】

11: 全視野角度ディスプレイ装置 (ボックス)、11a: 鼻当て部、12: 凹部、13: 支持部、13a: 部材、13b: 部材、13c: 球面軸受、14...、E: 両目、G: 発光画面 (スクリーン)、GL: 光路差調整用ガラス、H: 瞳、HM: ハーフプリズム・ハーフミラー、L11~L13: レンズ、L21~L24: レンズ、L31~L34: レンズ、L51~L54: レンズ、L61~L64: レンズ、L71~L75: レンズ、L81~L85: レンズ、L91~L9G: レンズ、LA1~LAK: レンズ、P: 三色合成用プリズム、LR: 右眼用光学系、LL: 左眼用光学系、P1~P5: 全反射プリズム、OBJ, OBJR, OBJG, OBJB: 液晶表示素子、照明系LSR, LSG, LSB: 照明系、画像出力面、M1~M5: 偏向ミラー、STO: 開口絞り、115: 支持部、116: 振動防止型関節棒、117: カウンターバランス部 (ウェイトフリーバランサー)、118: 全視野角度ディスプレイ装置、120: イヤホン、121: 画像合成・変換装置、149R, 149L: スクリーン、150X, 150Y: 2次元画像出力装置、151X, 151Y: 光学リレー機構、152X, 152Y: 光学的ズーム機構 (ズーム光学系)、153: ハーフプリズム、154: 光学部材、155: 反射ミラー、162: 3色ビームスプリッター、163: バックライト照明系、164, 165: 光ファイバー、166: 高輝度LED、167: 冷陰極管、169: 液晶表示素子、170: 全視野角度ディスプレイ装置支持機構

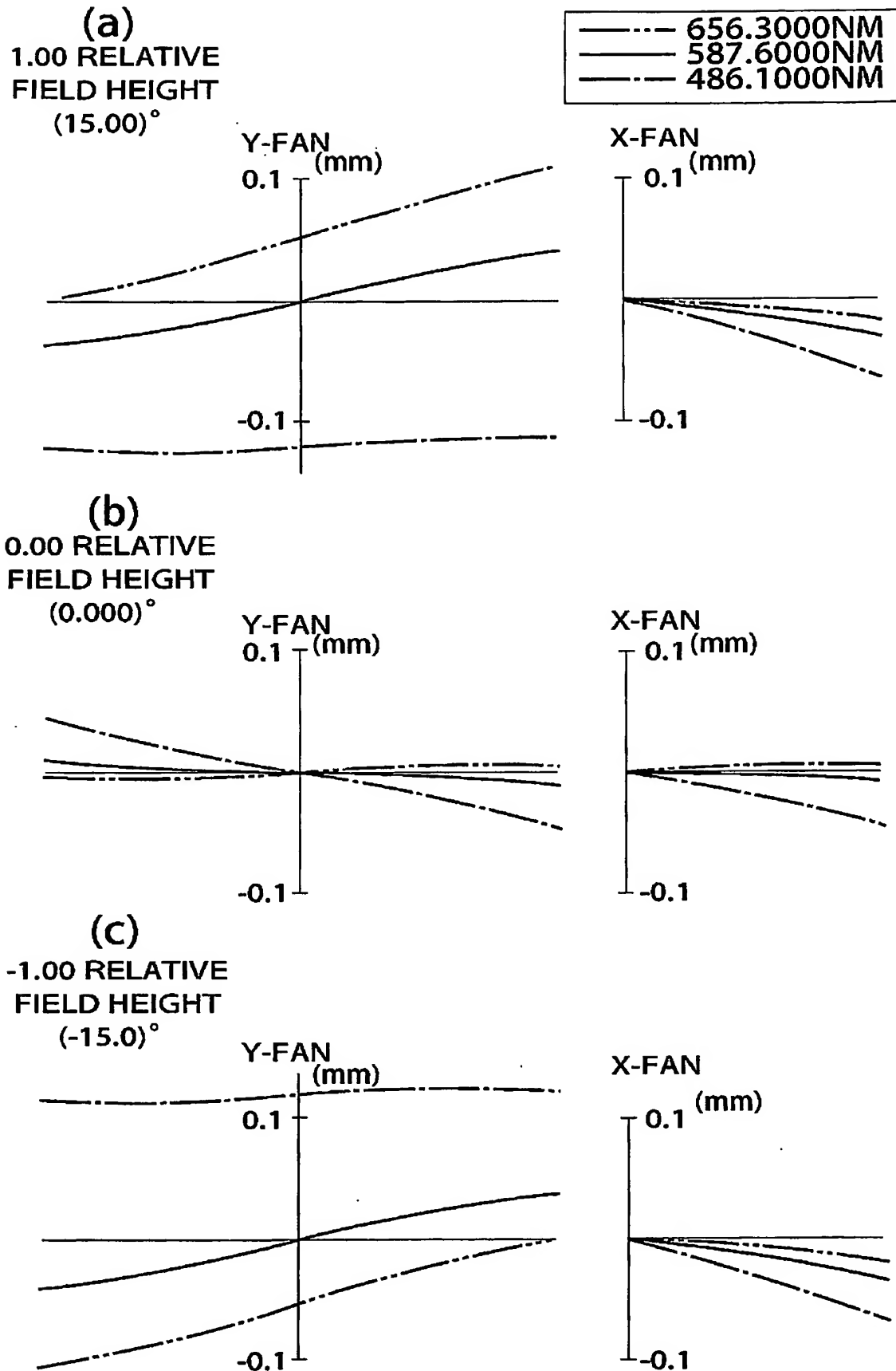
【書類名】 図面
【図 1 A】



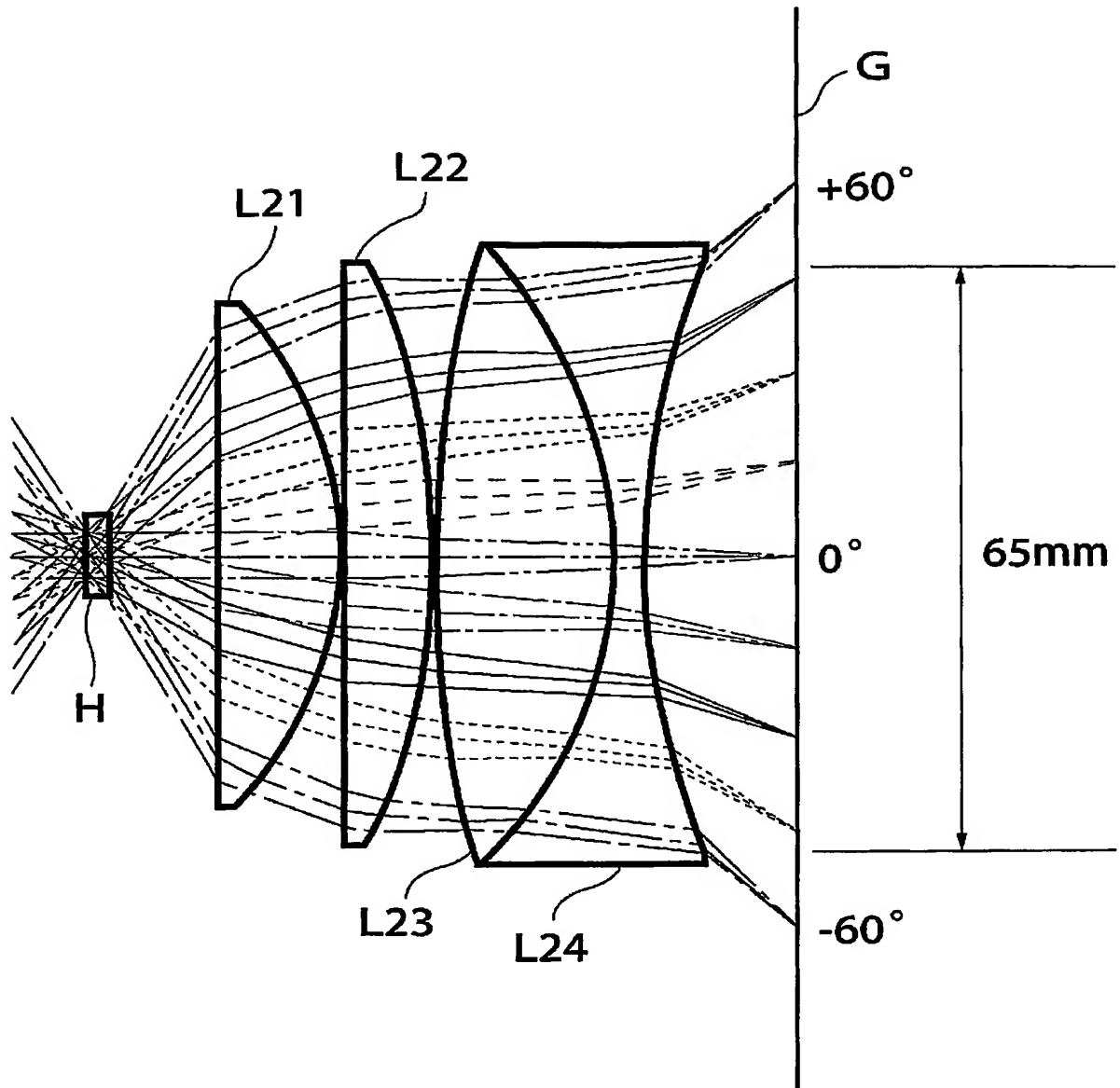
【図 1 B】



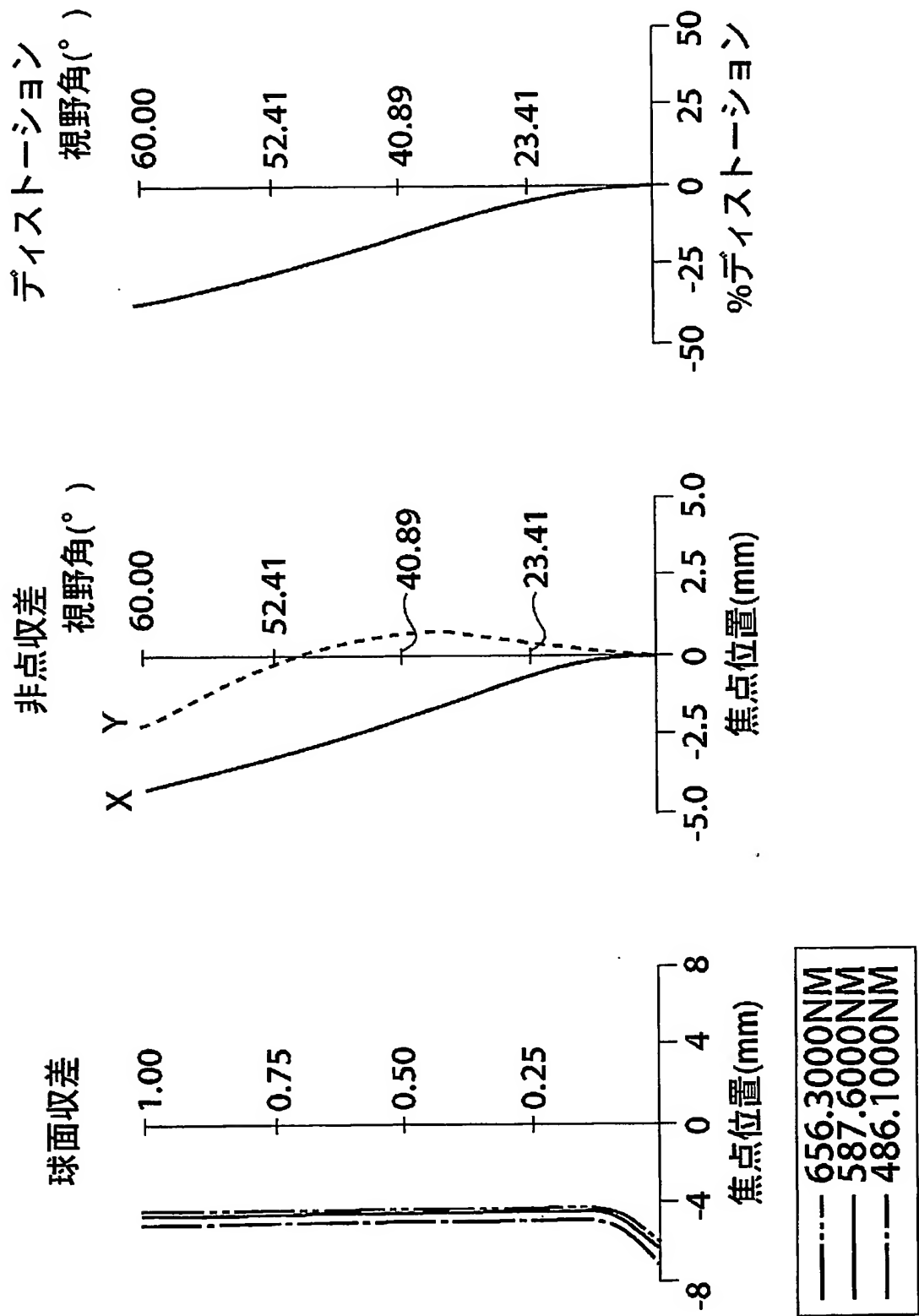
【図 1 C】



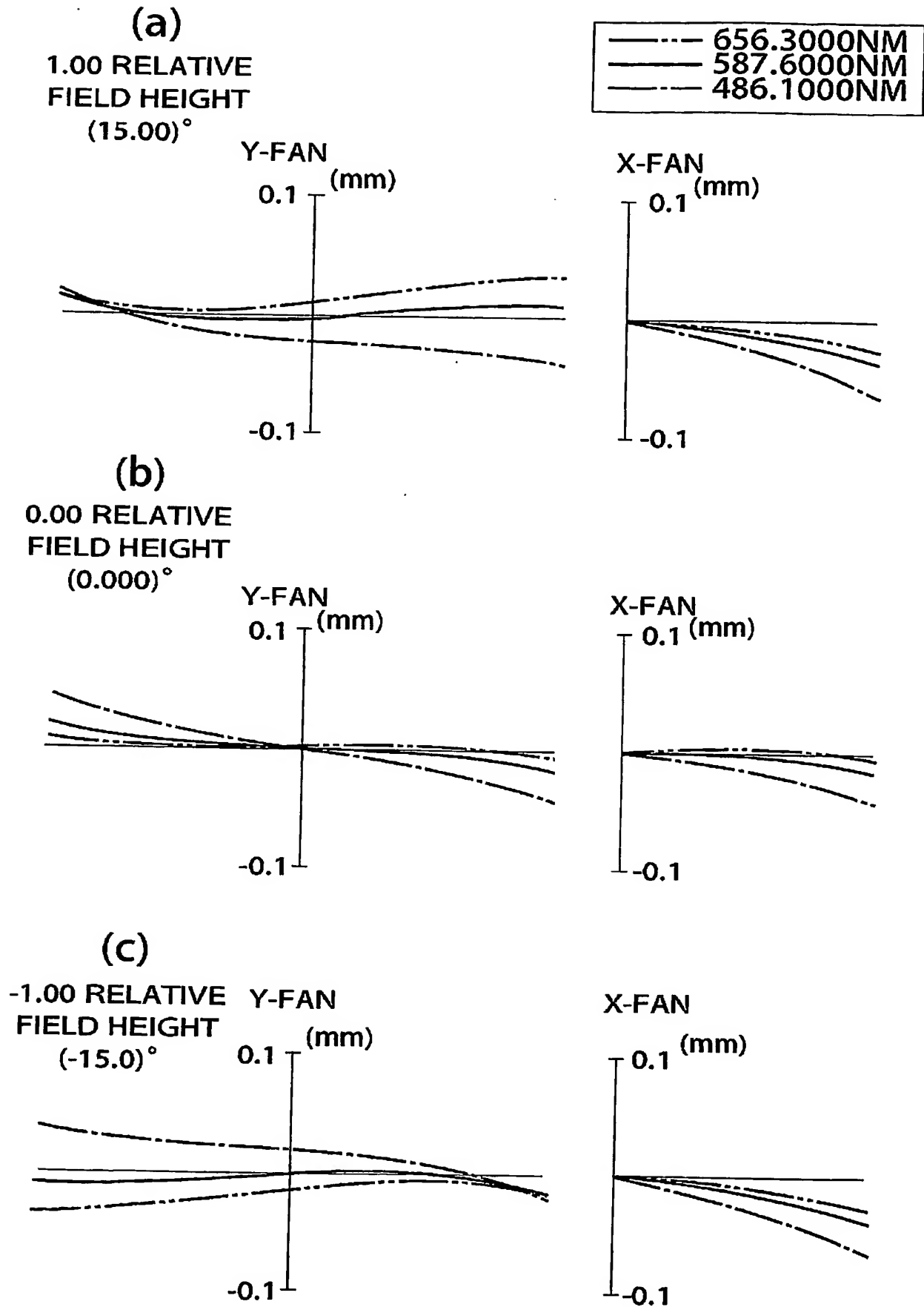
【図 2 A】



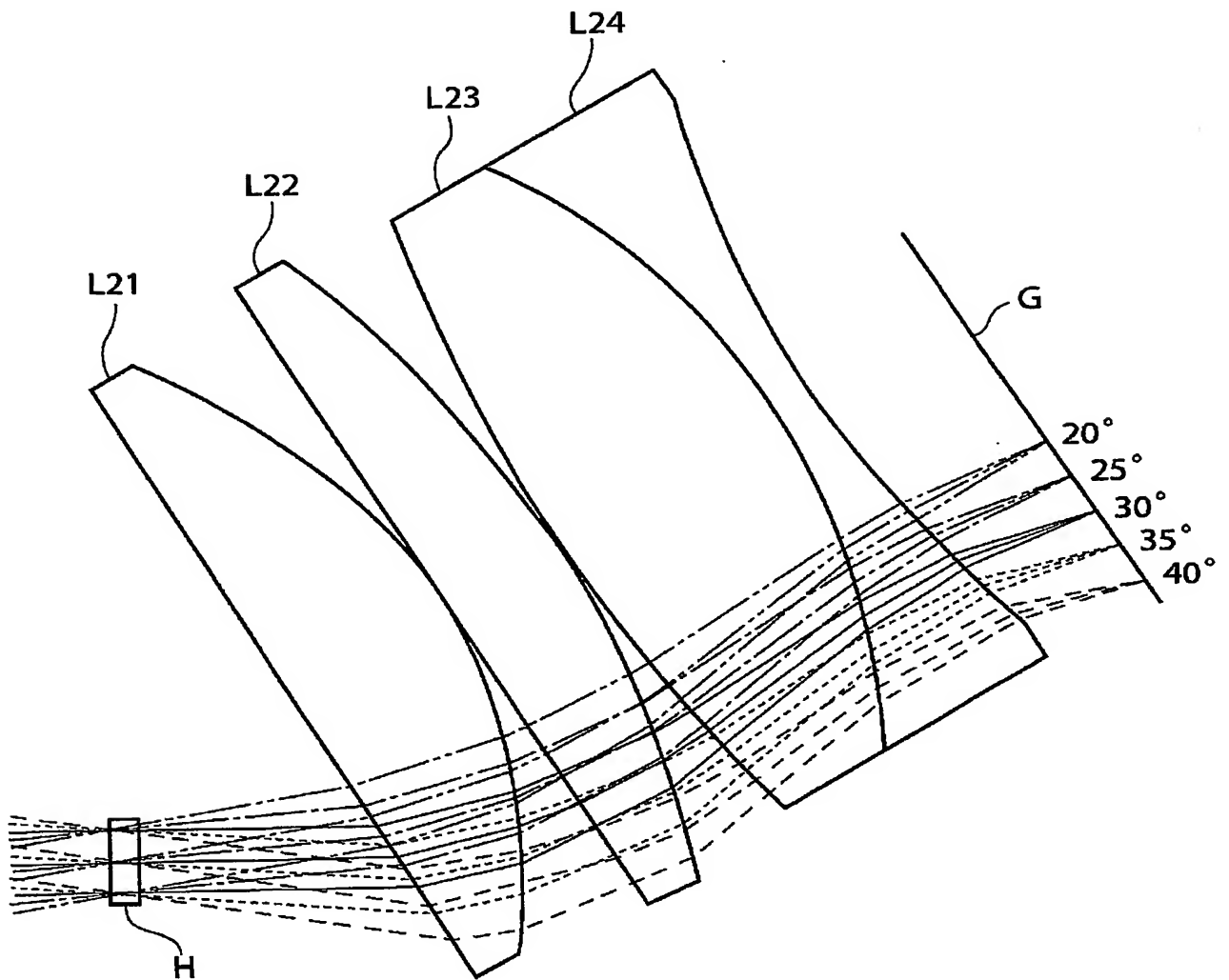
【図 2 B】



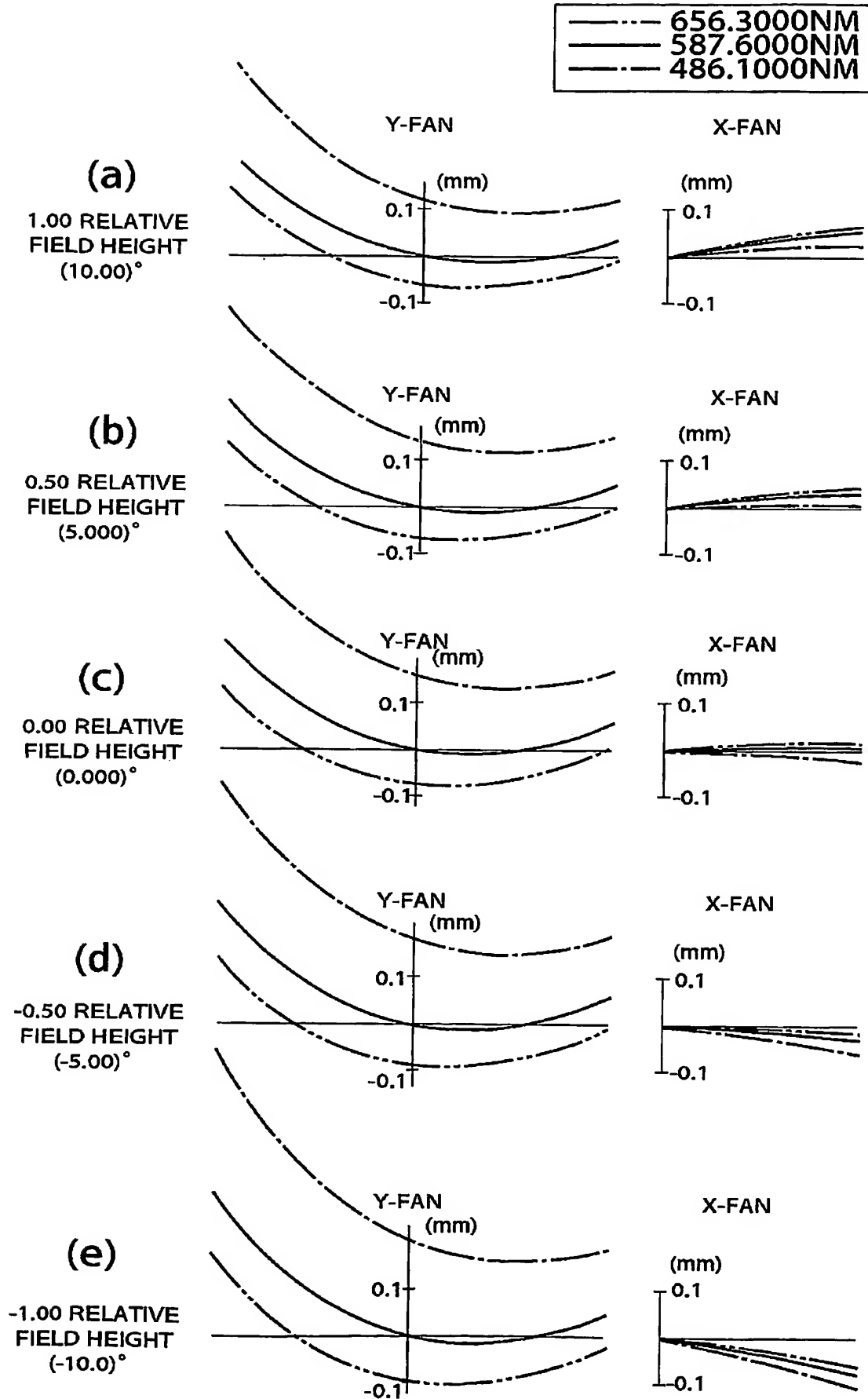
【図 2 C】



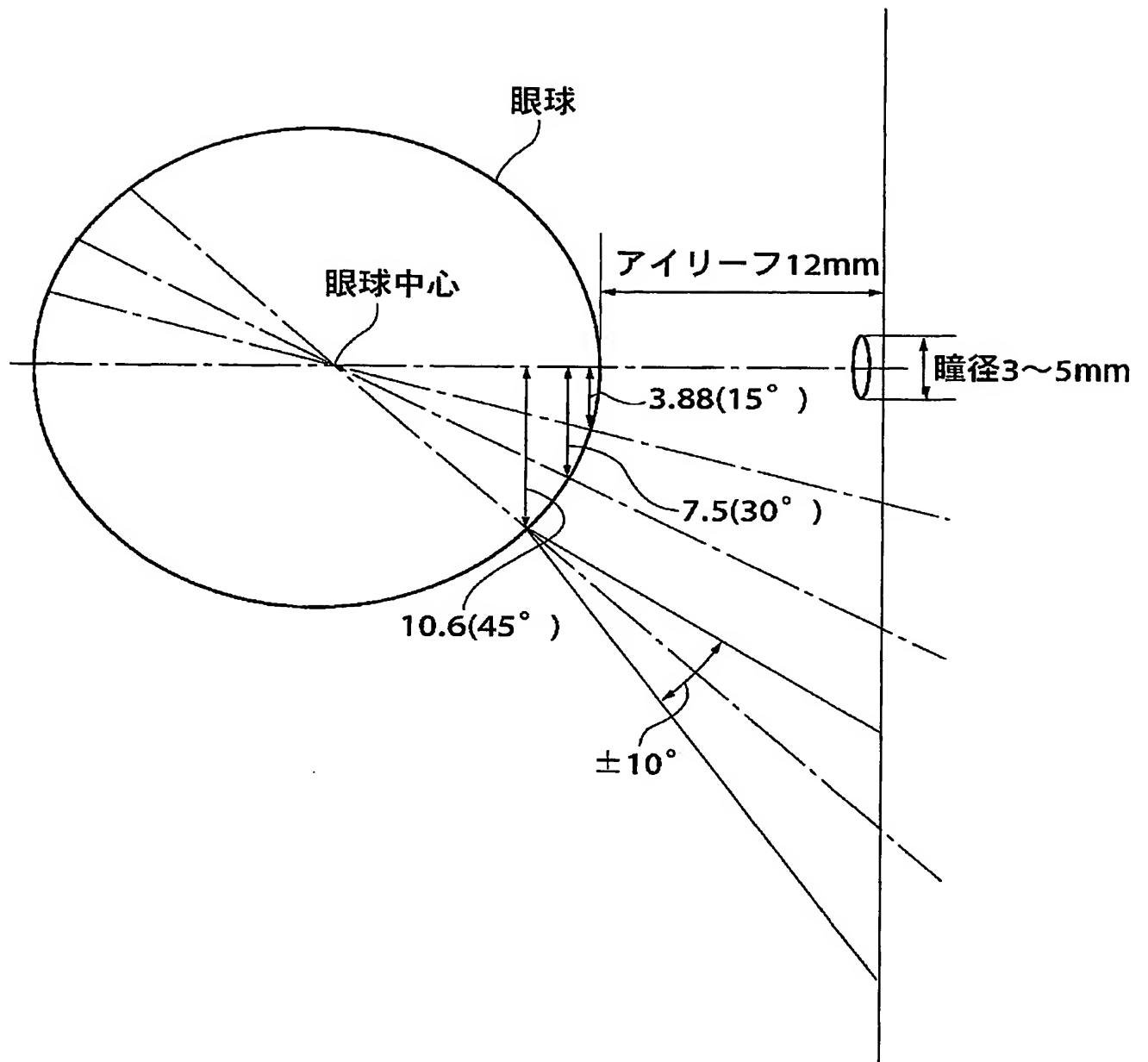
【図 2 D】



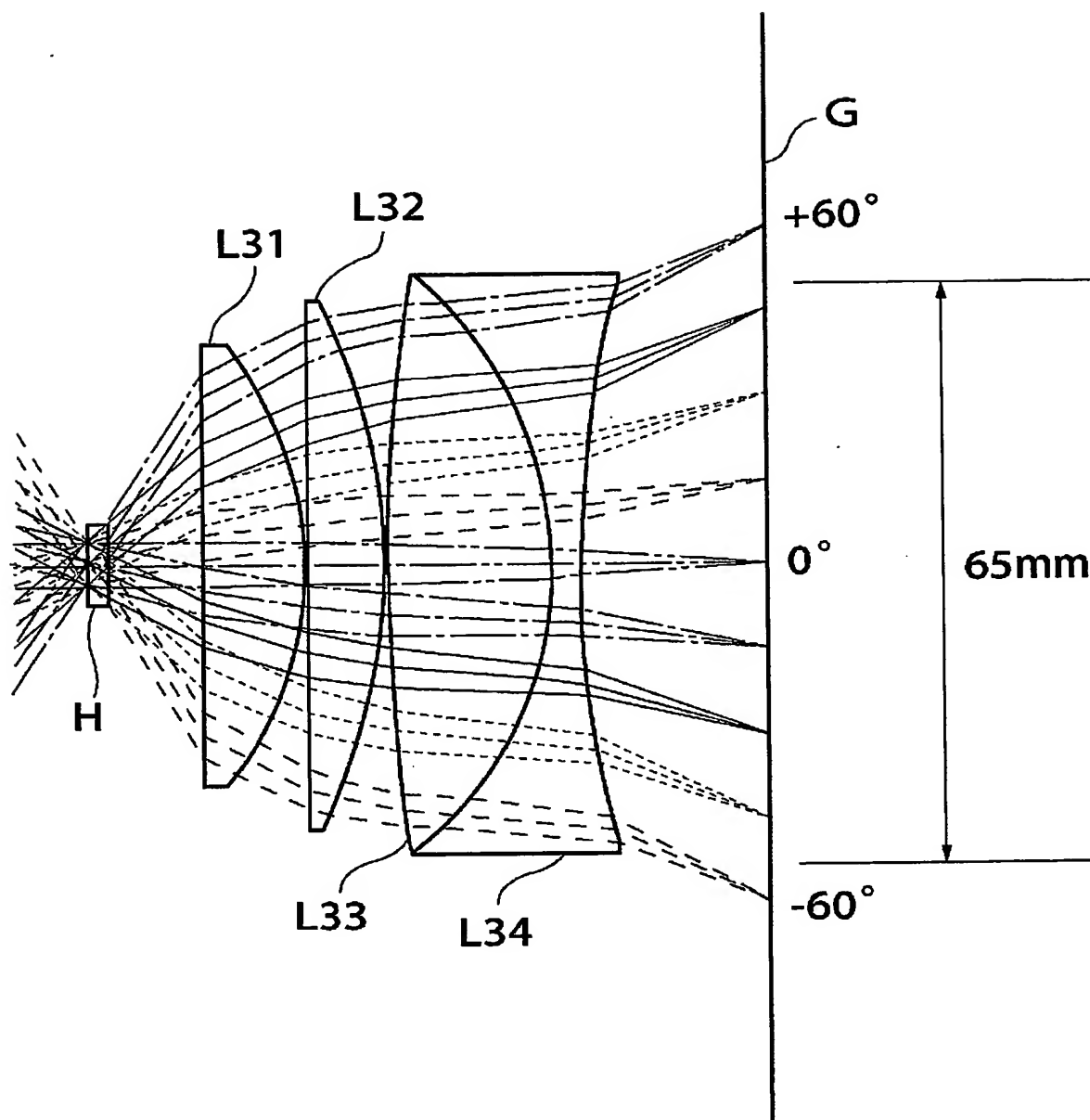
【図 2 E】



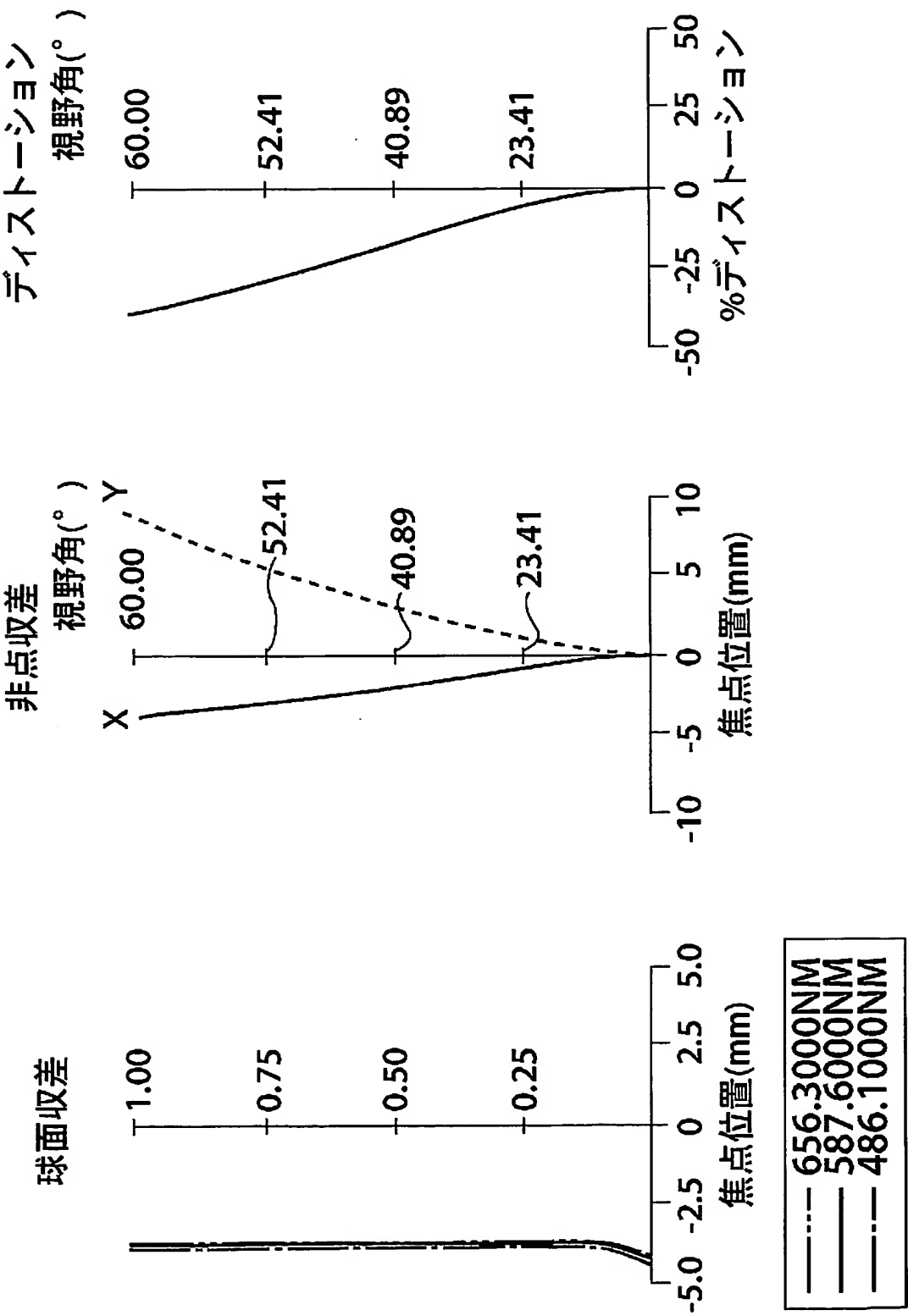
【図 3】



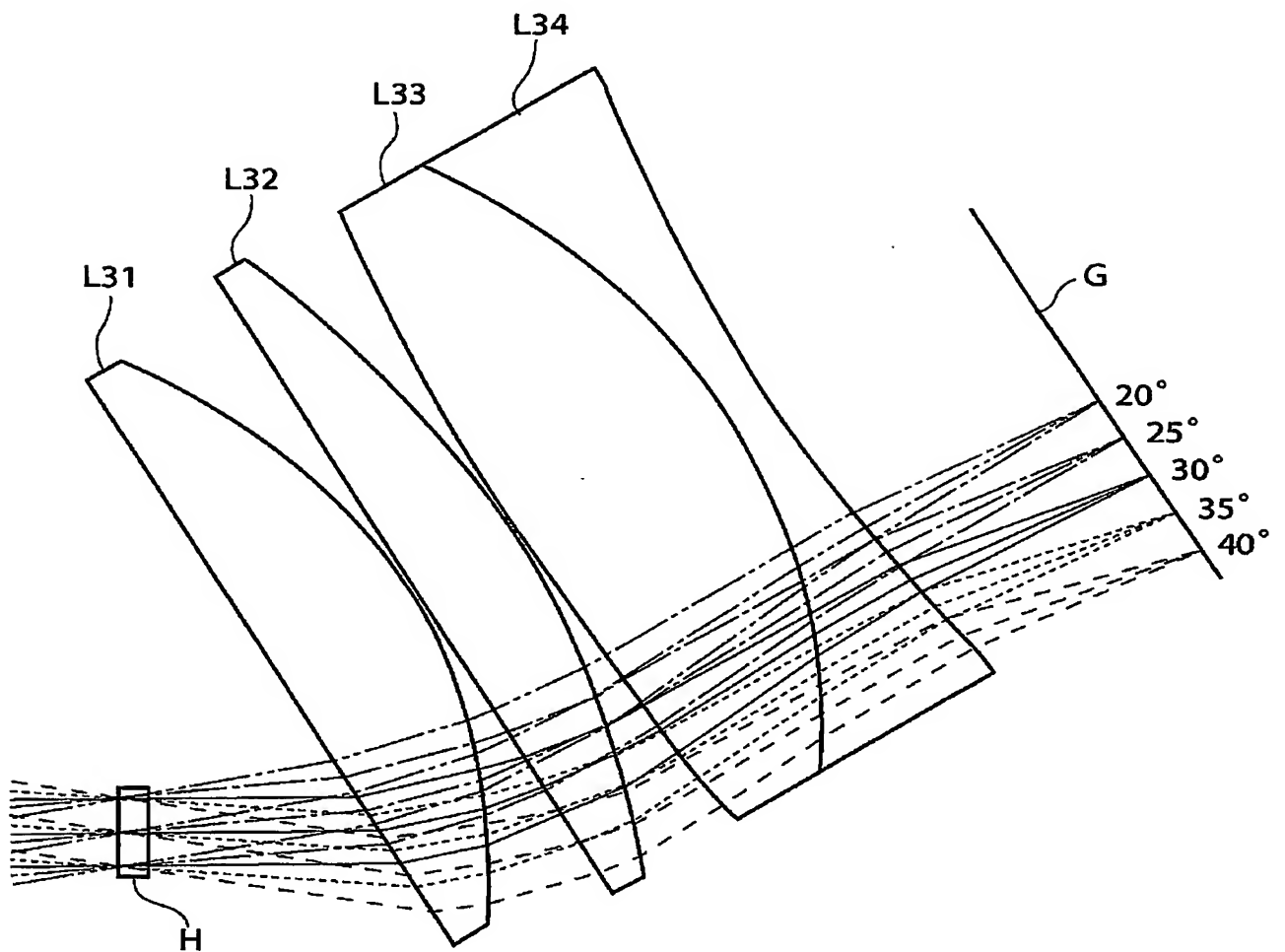
【図 4 A】



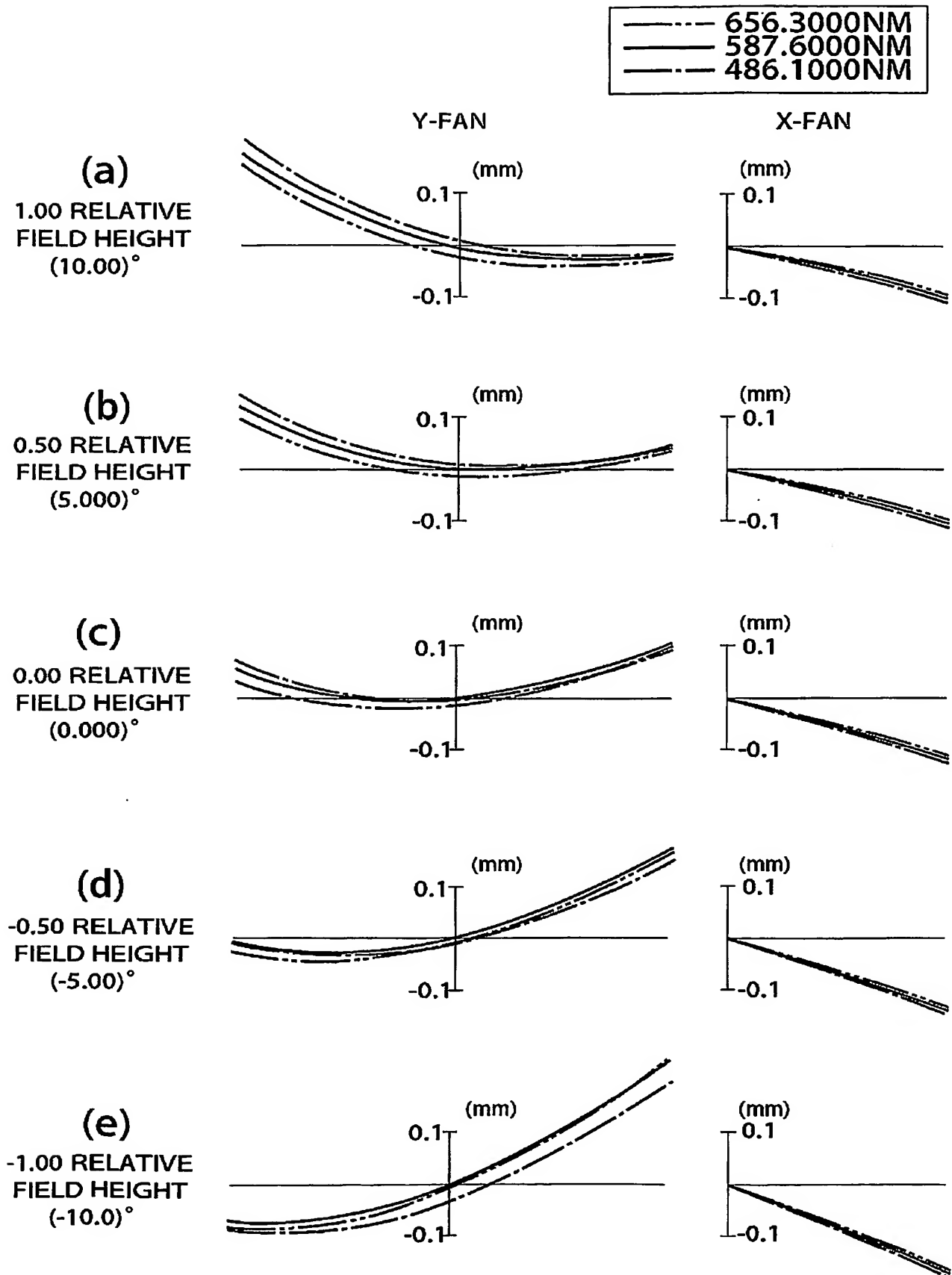
【図 4 B】



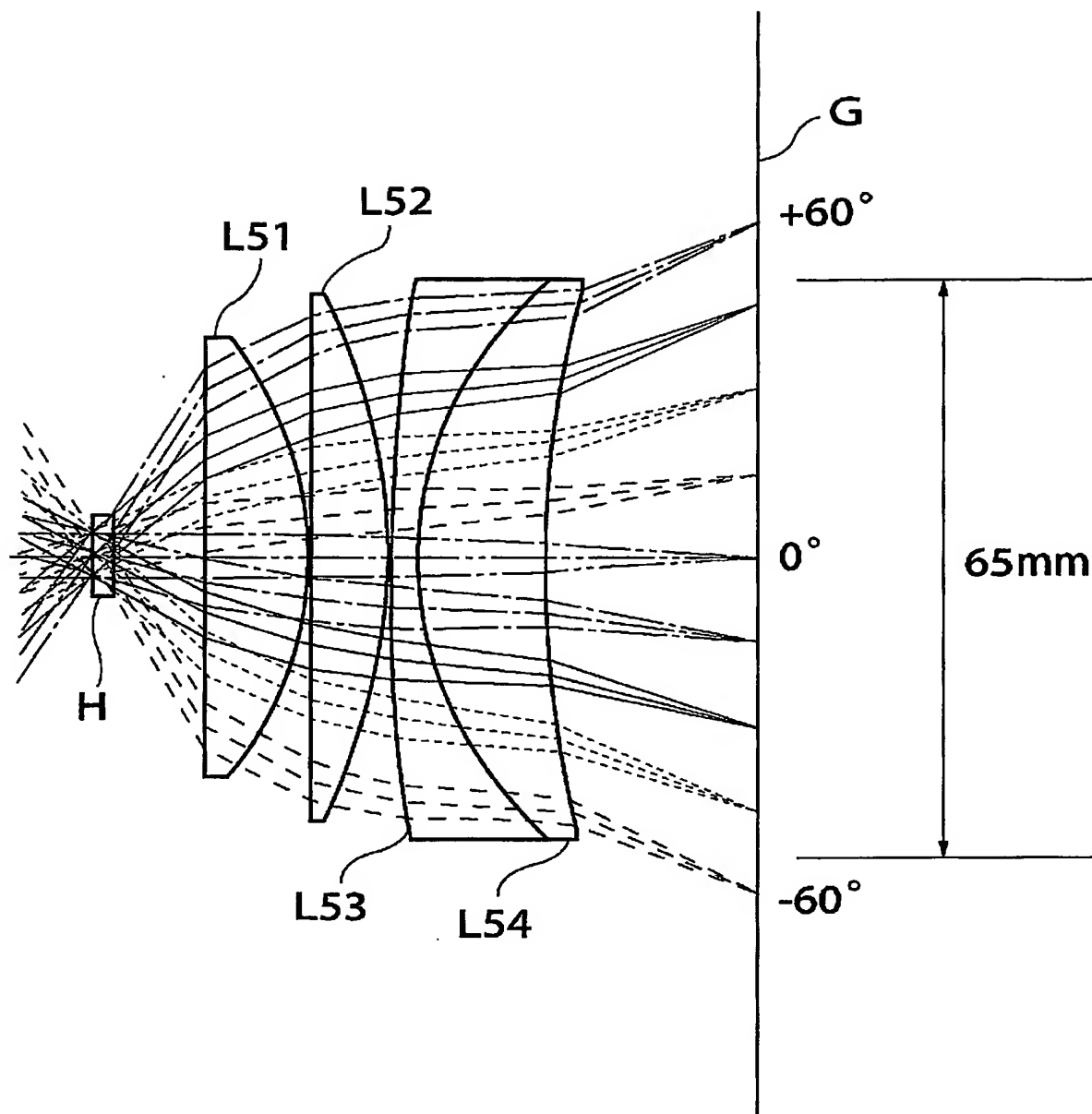
【図 4 C】



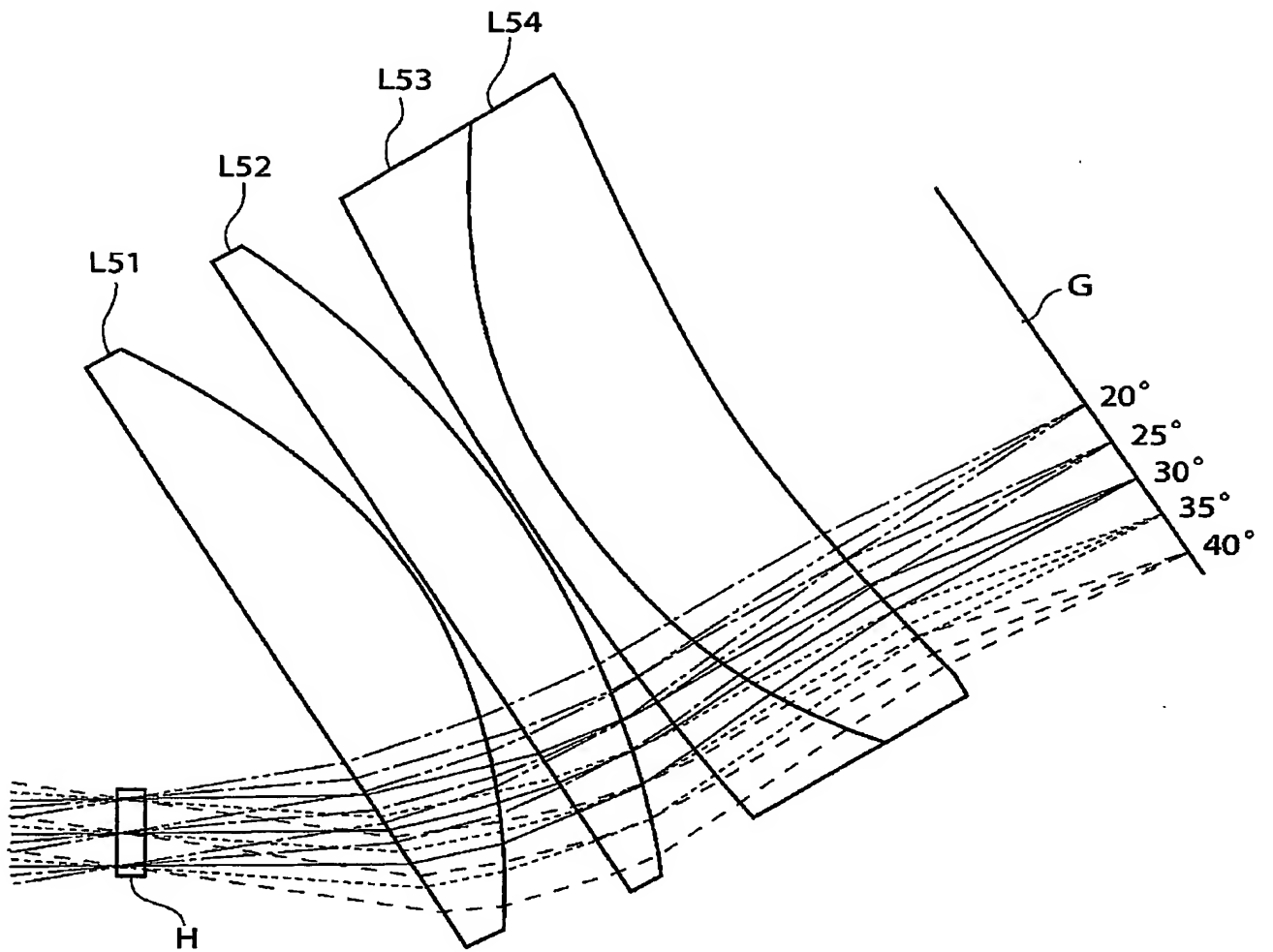
【図 4 D】



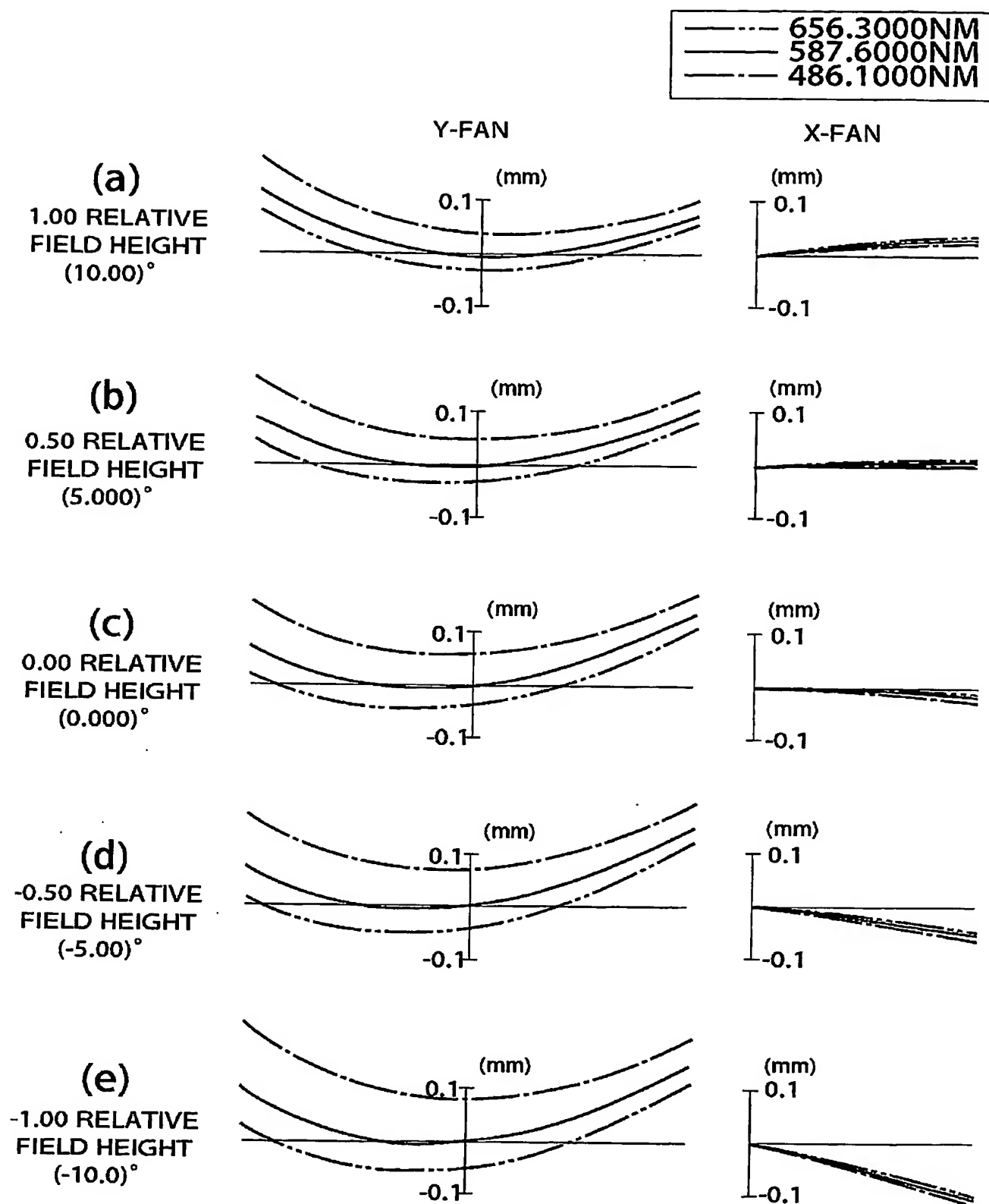
【図 5 A】



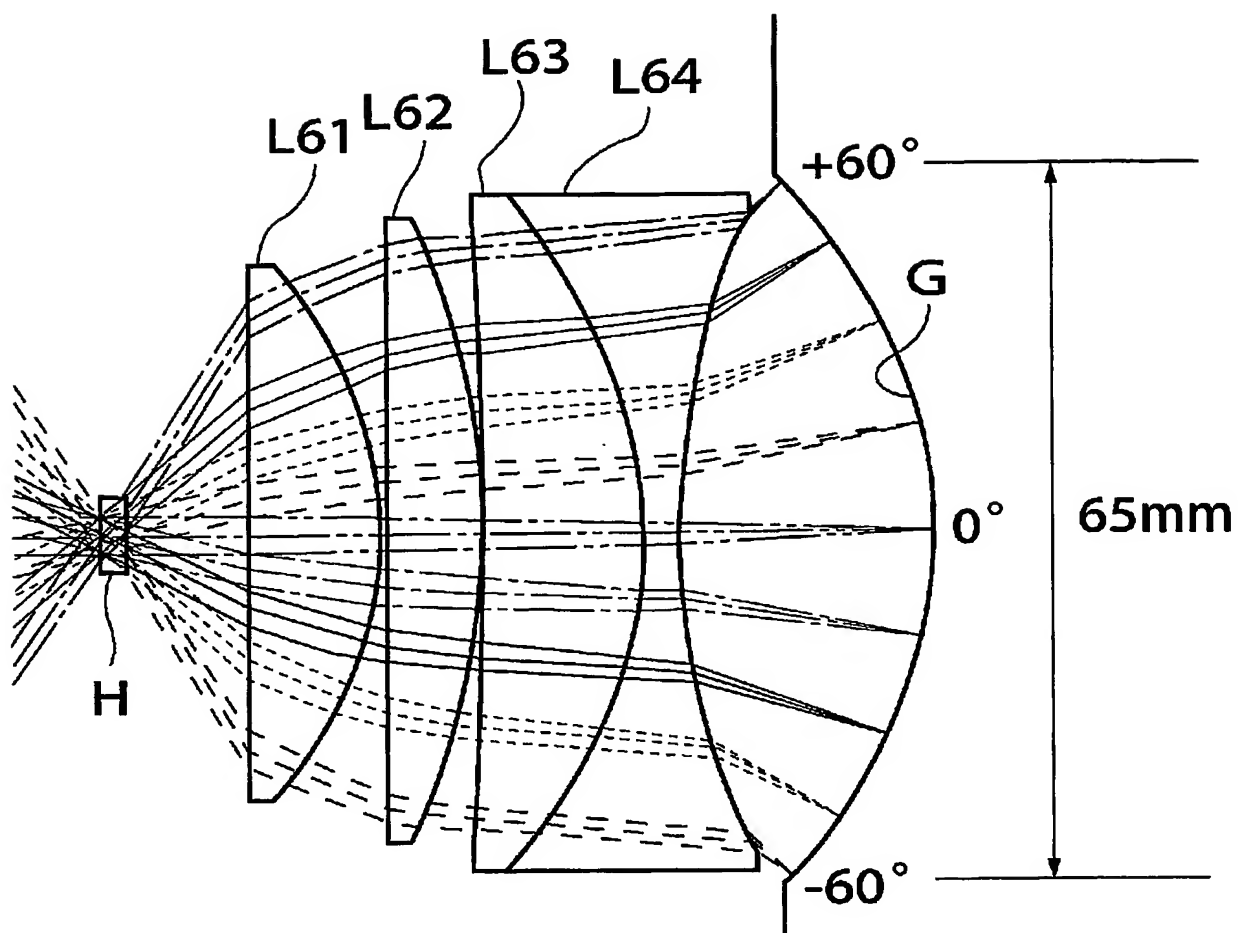
【図 5 B】



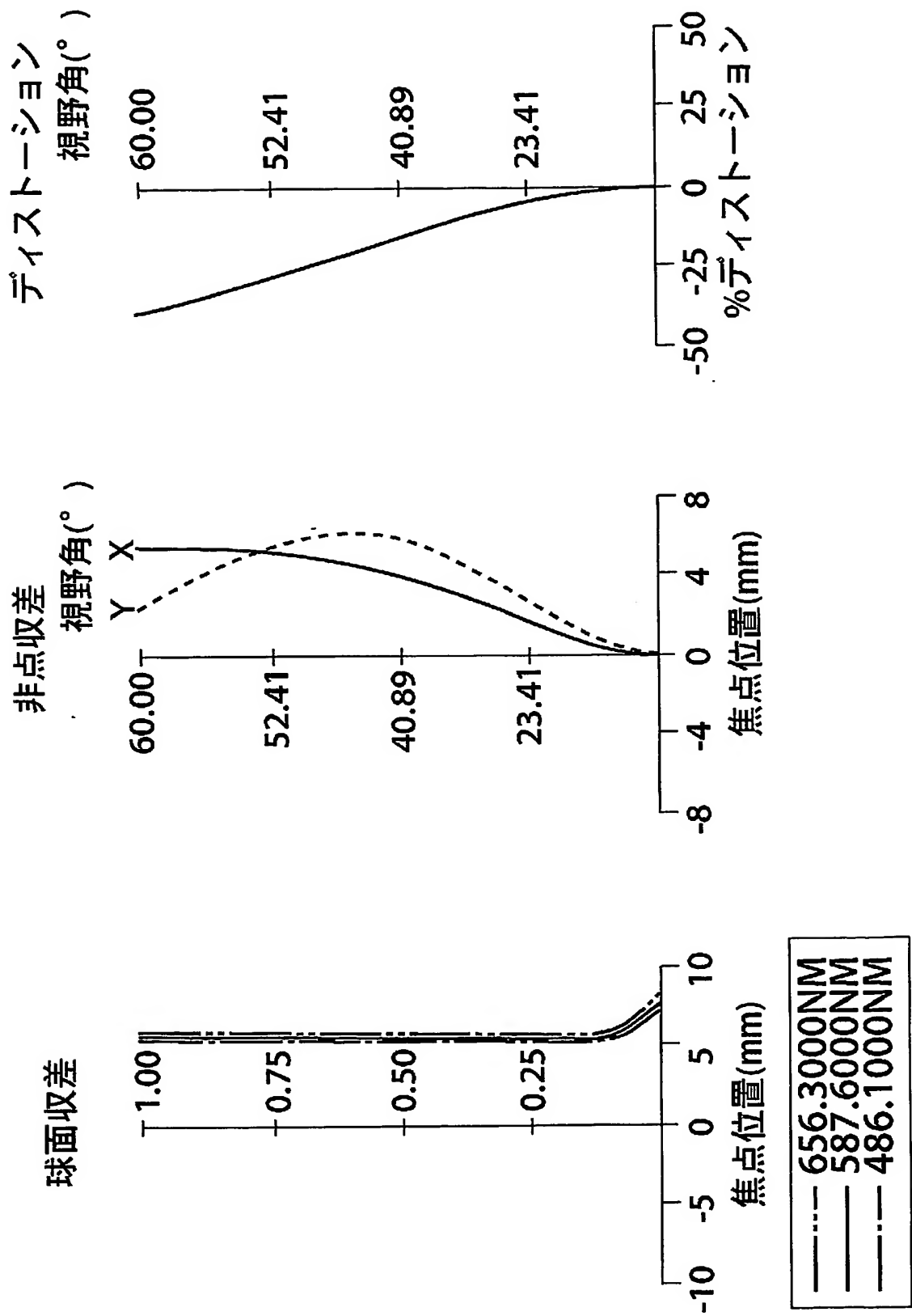
【図 5 C】



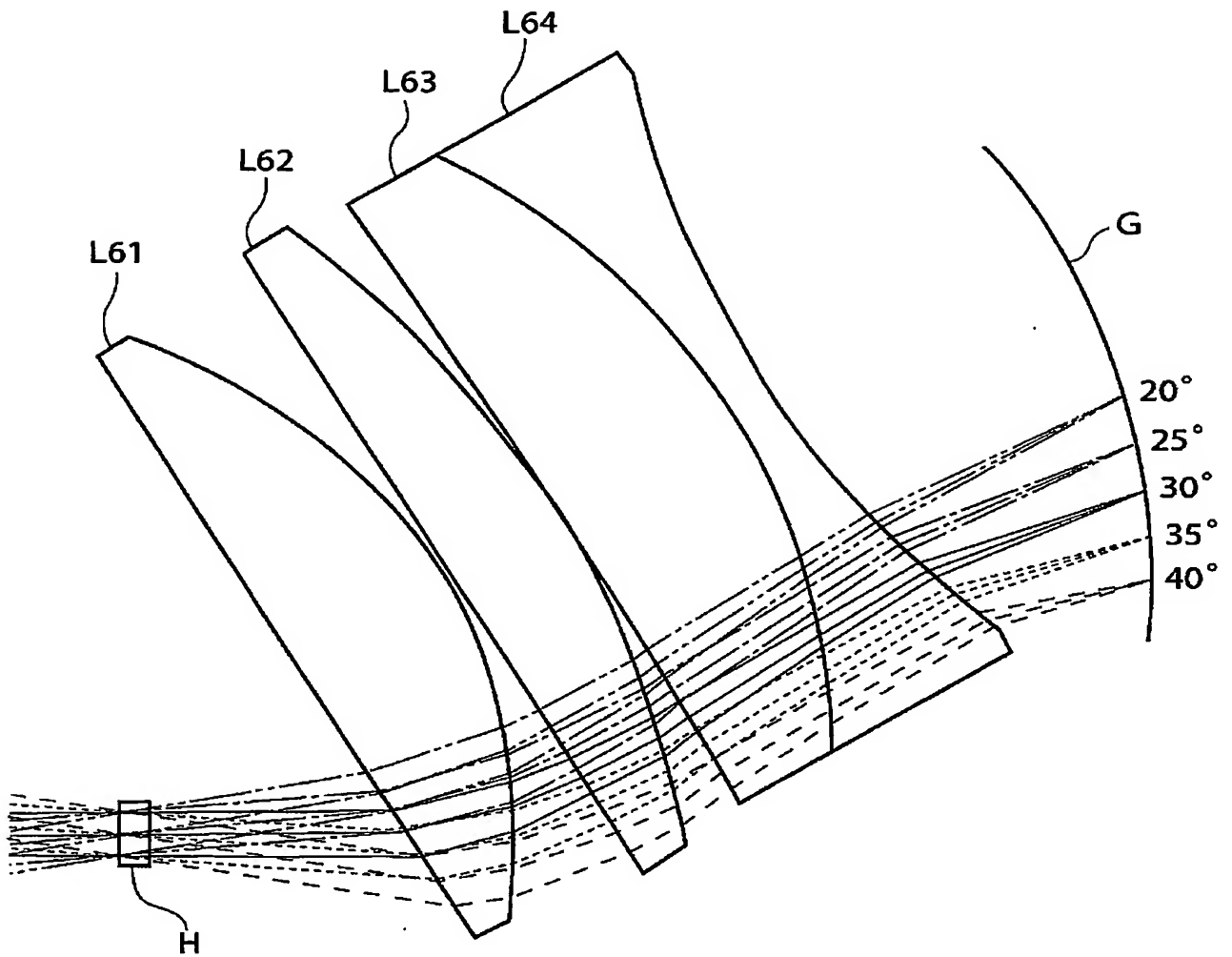
【図 6 A】



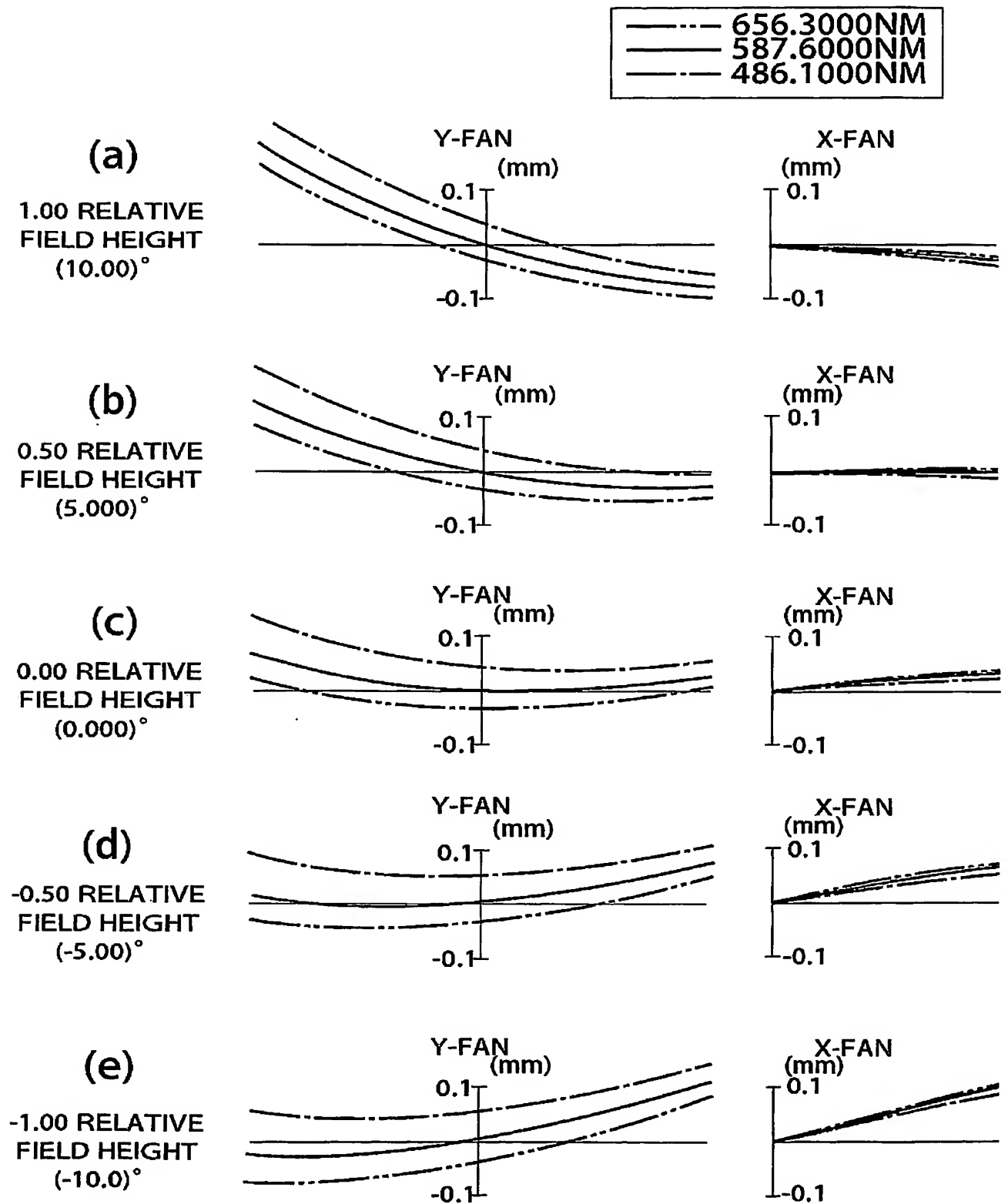
【図 6 B】



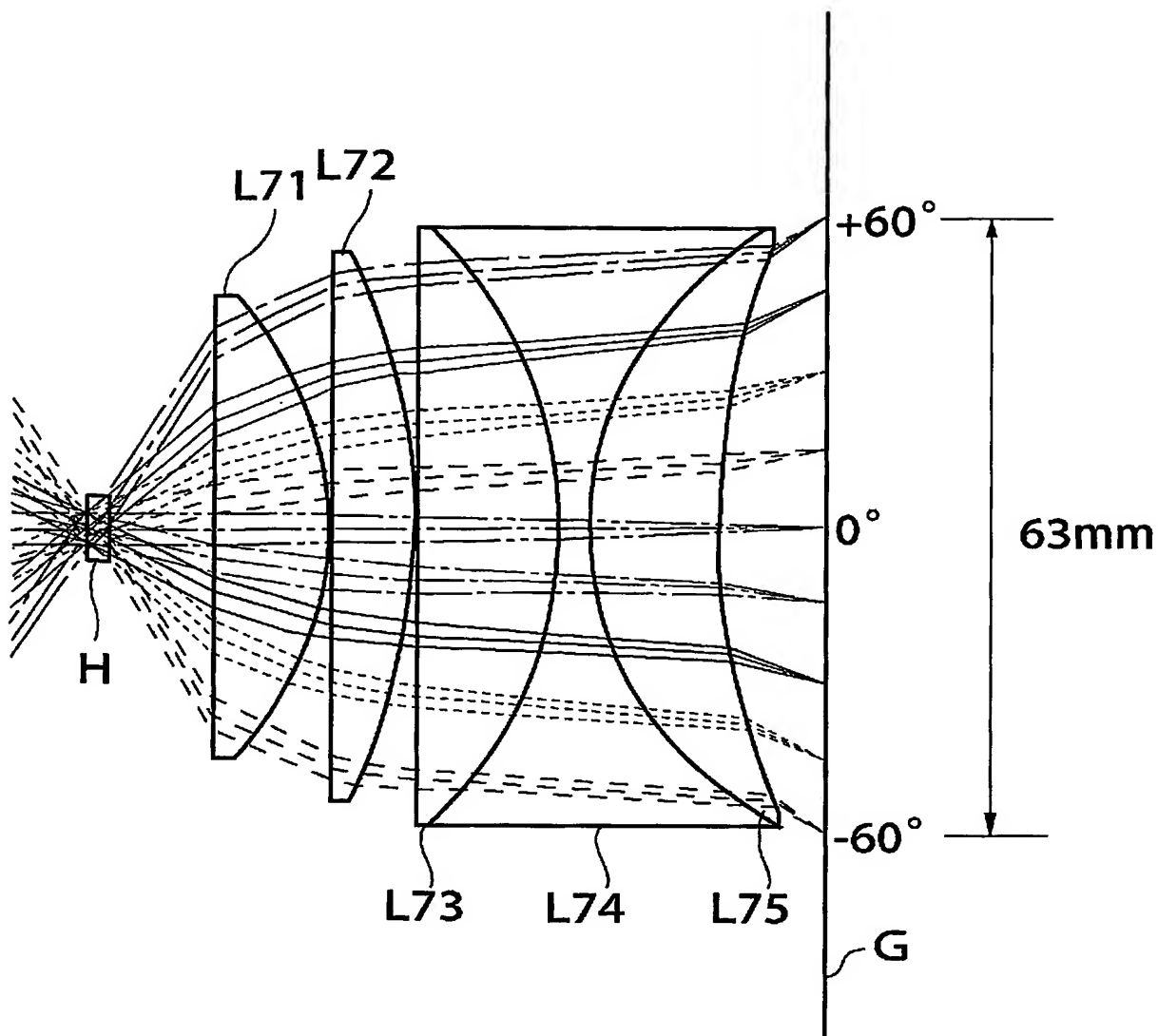
【図 6 C】



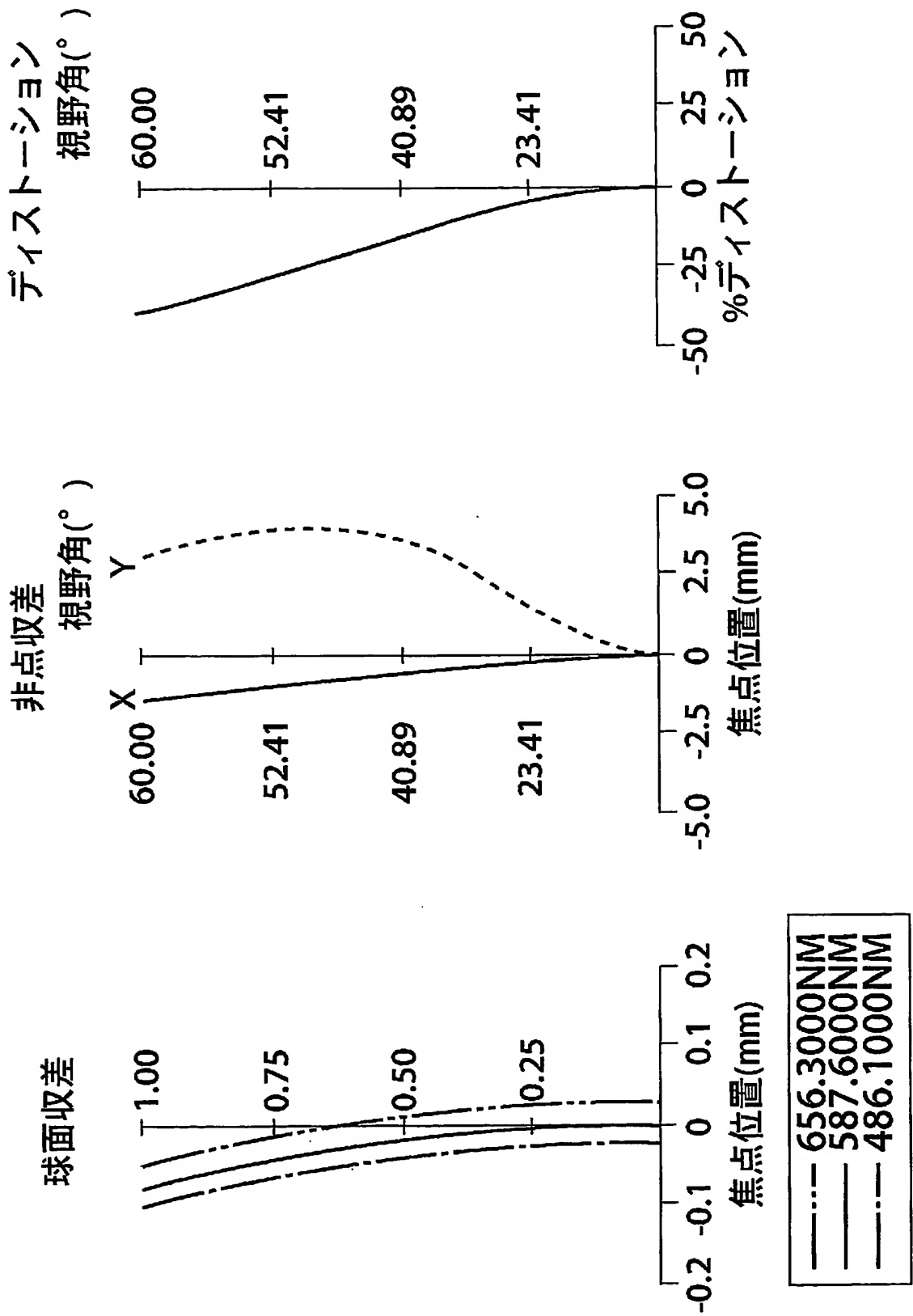
【図 6 D】



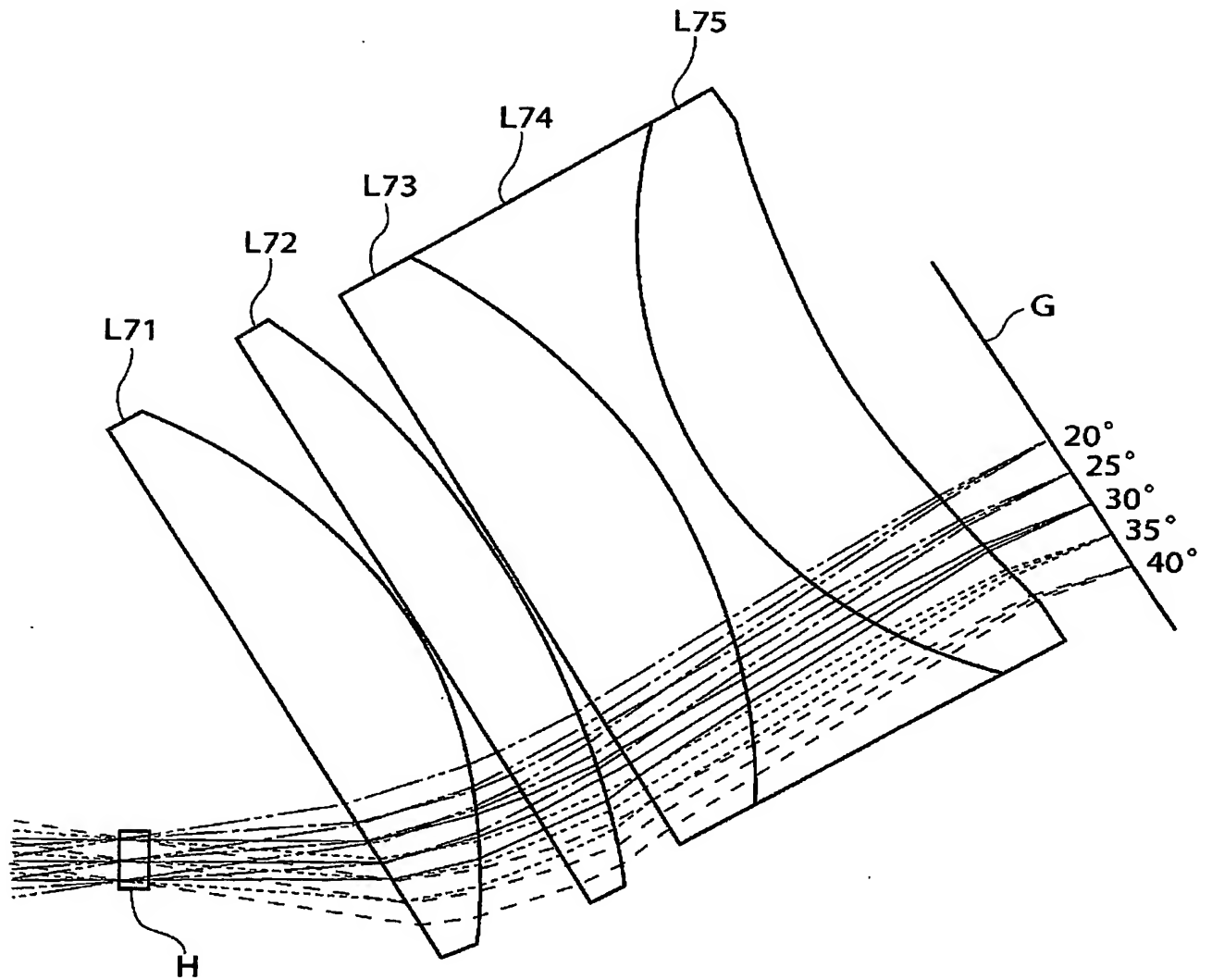
【図 7 A】



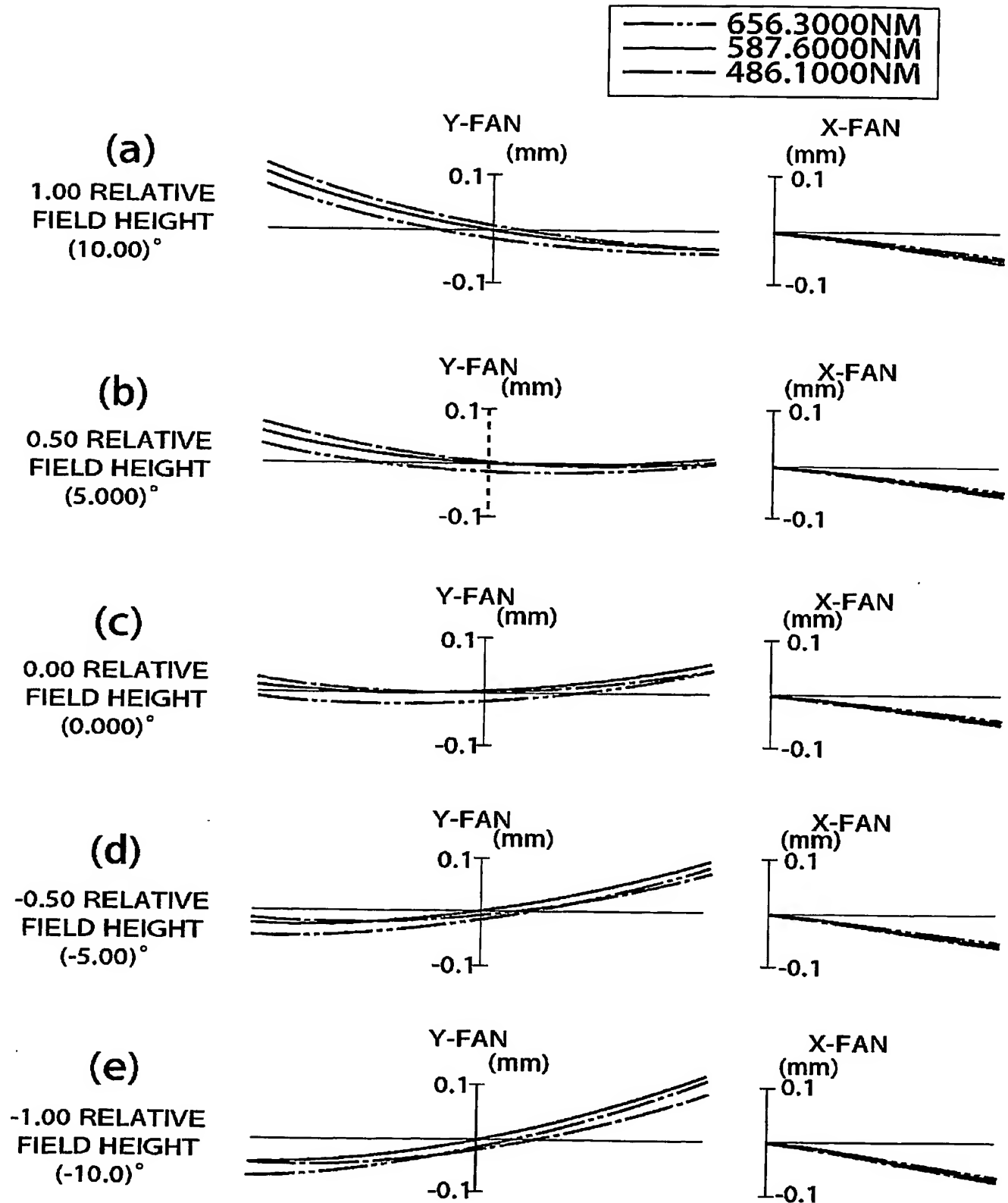
【図7B】



【図 7 C】

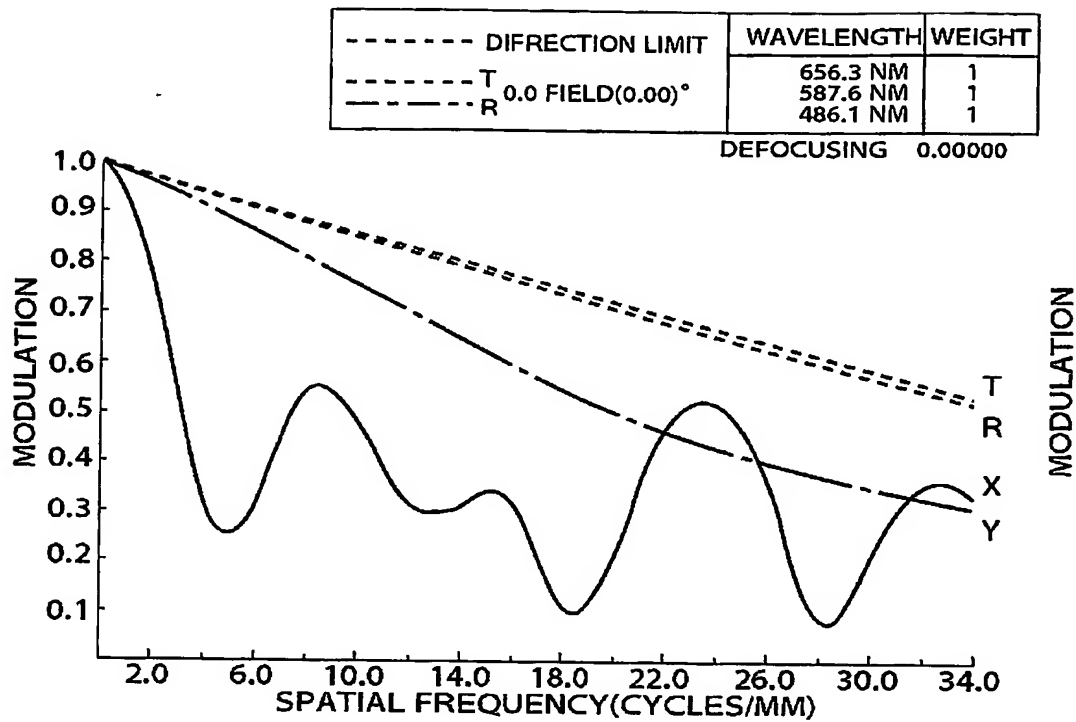
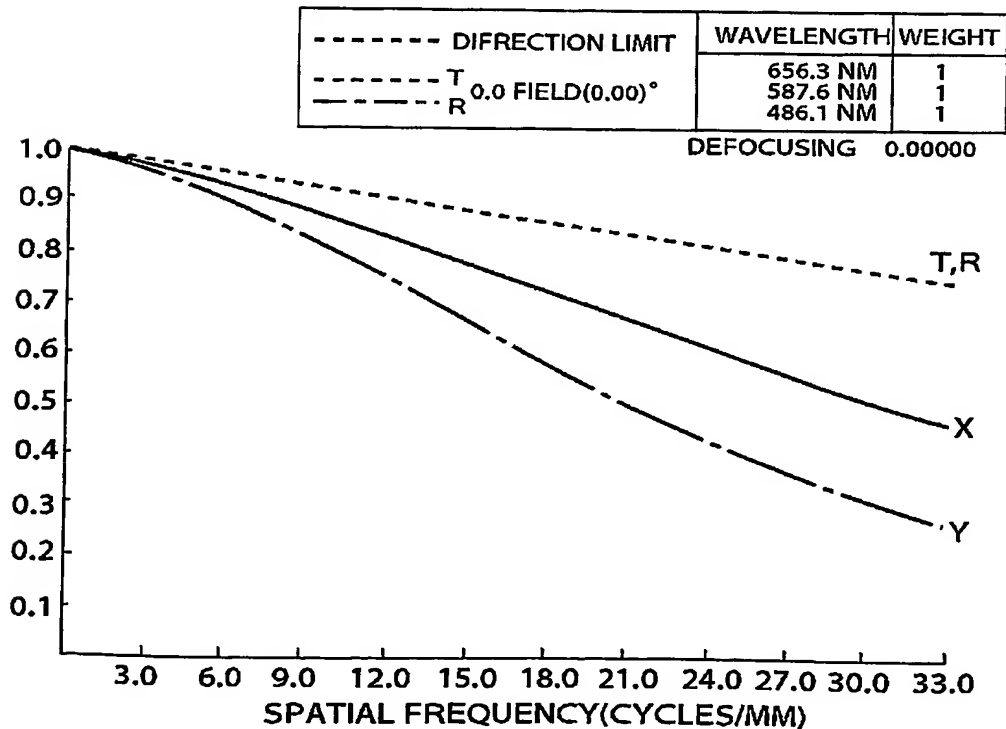


【図 7 D】

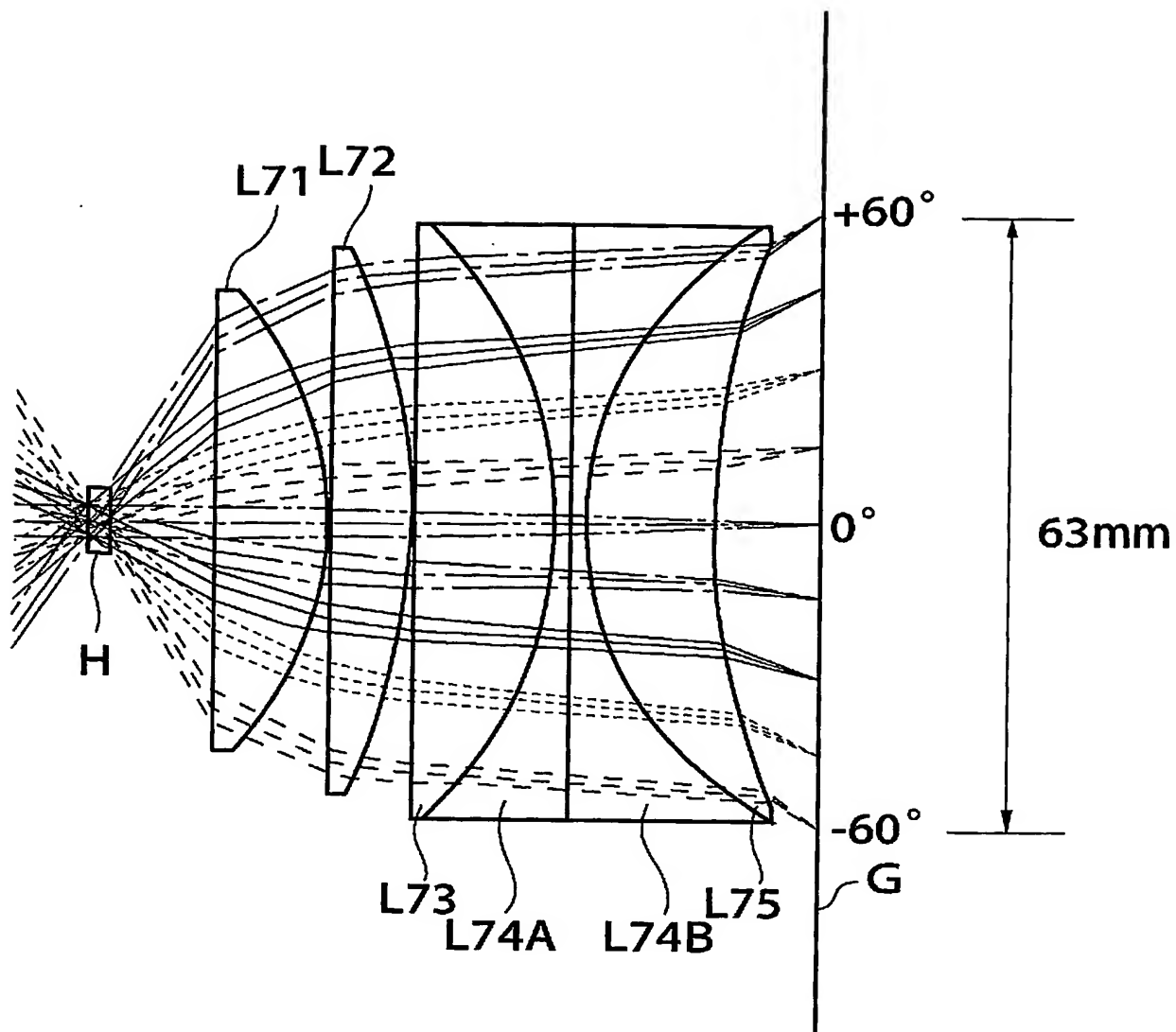


【図 7 E】

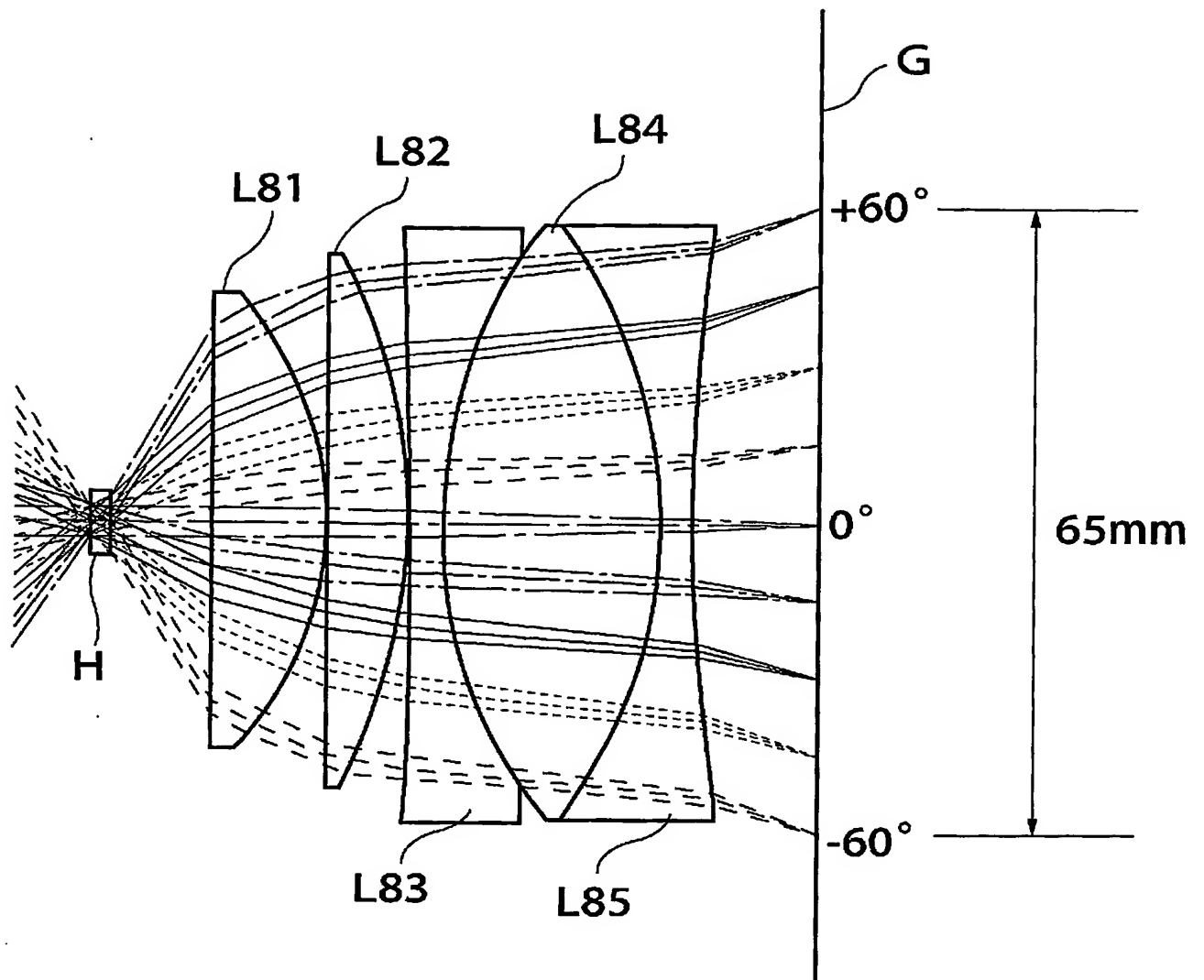
(a) 従来技術最適AF位置でのMTF

(b) 本発明の第5実施例に於ける
最適AF位置でのMTF

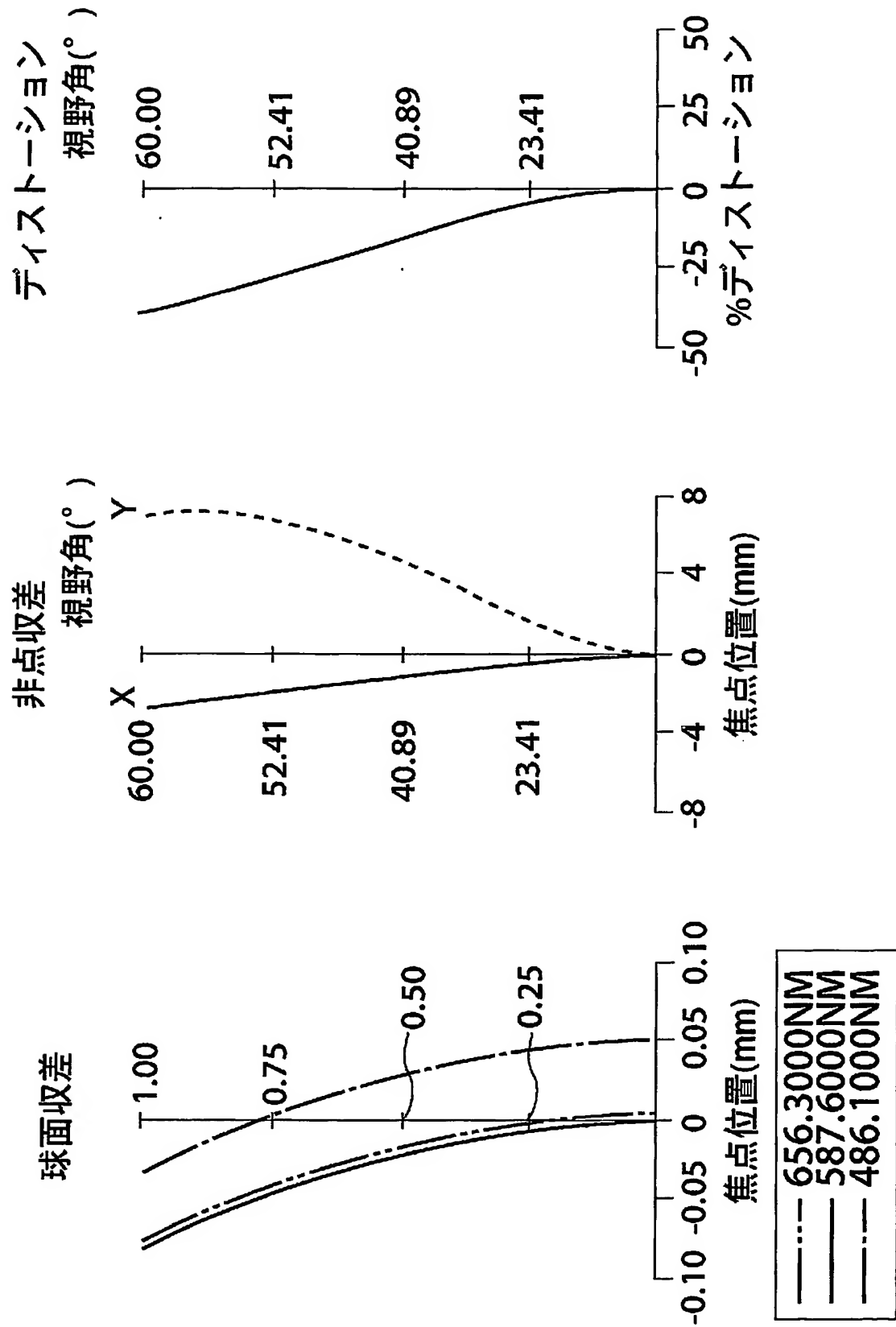
【図 7 F】



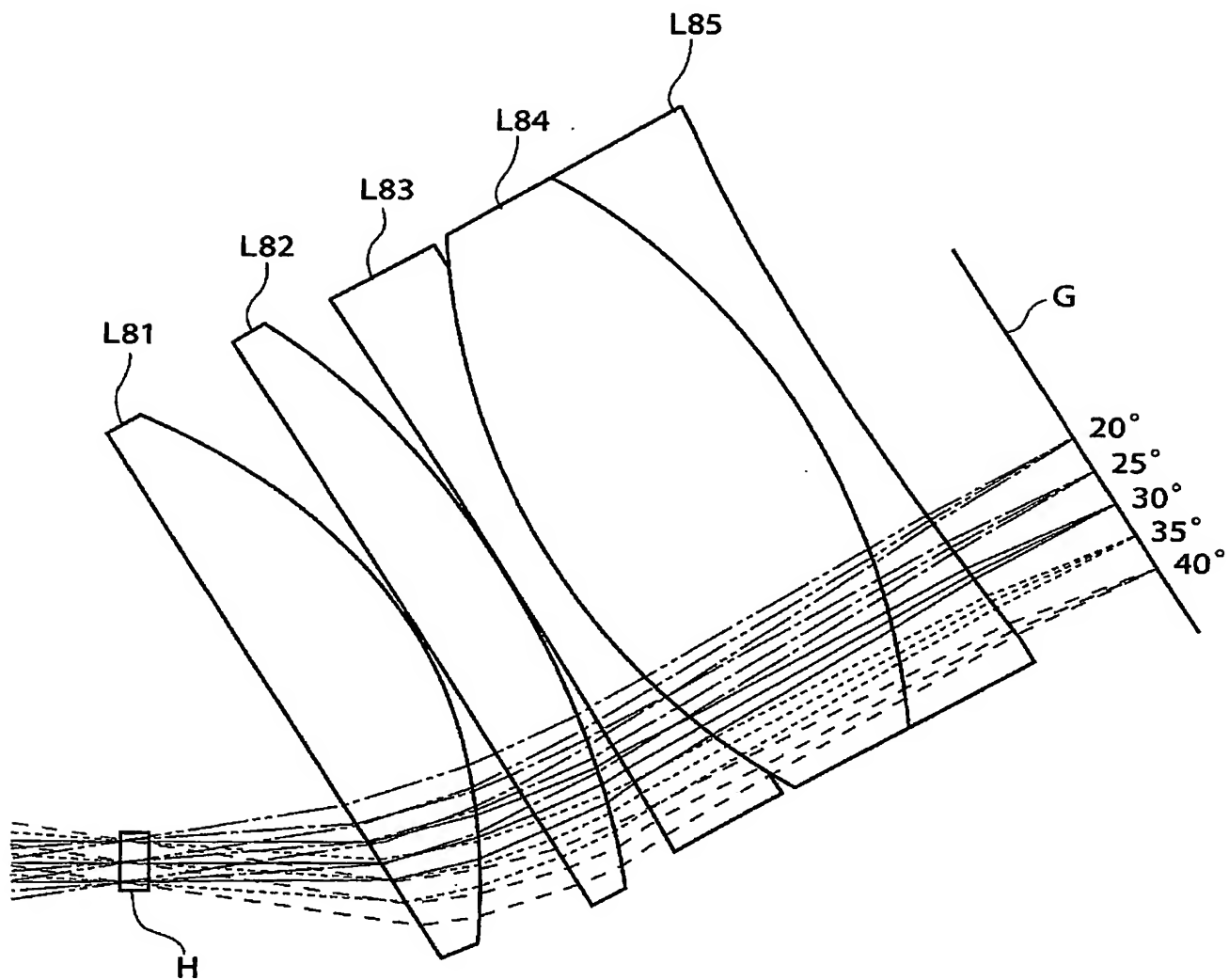
【図 8 A】



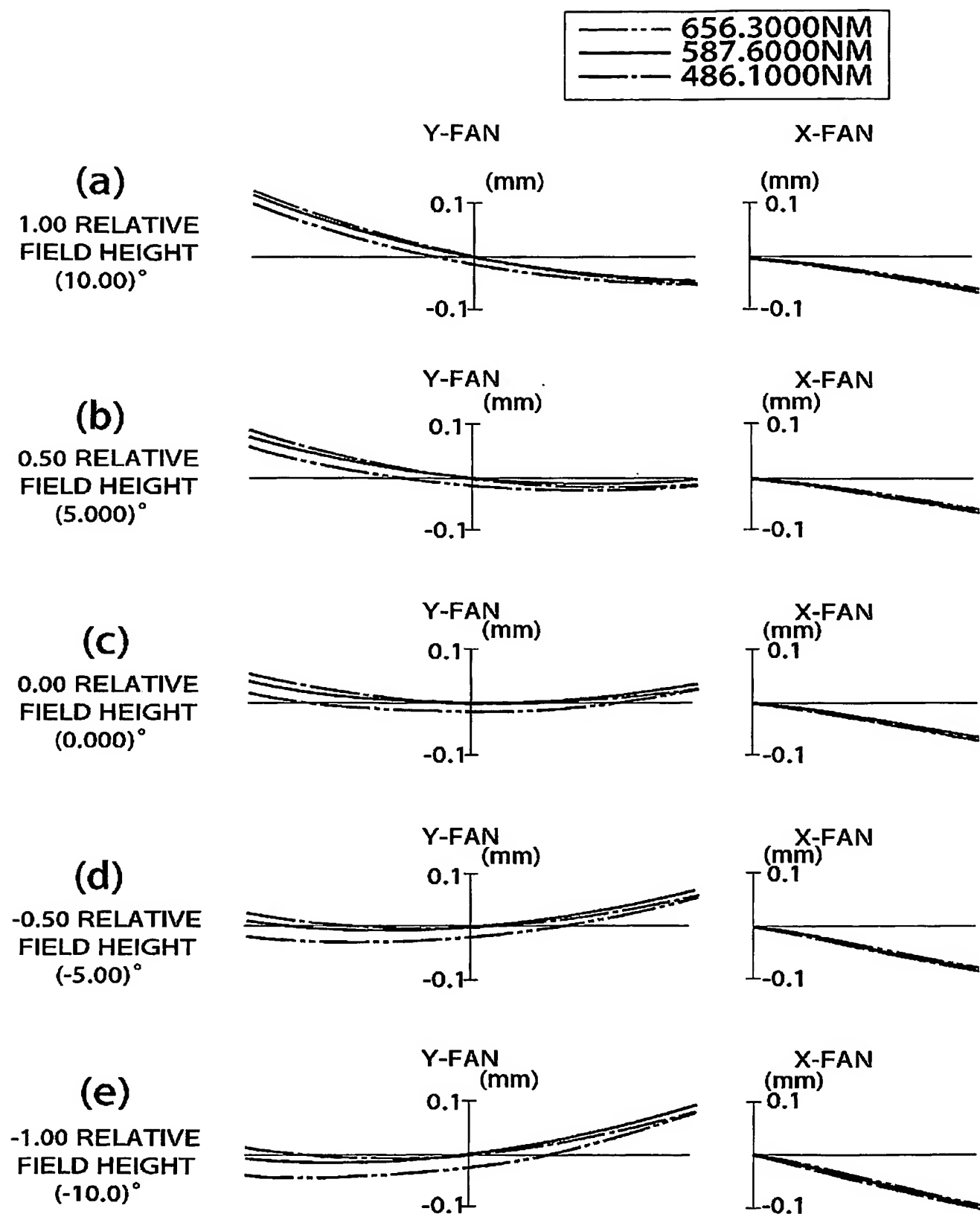
【図 8 B】



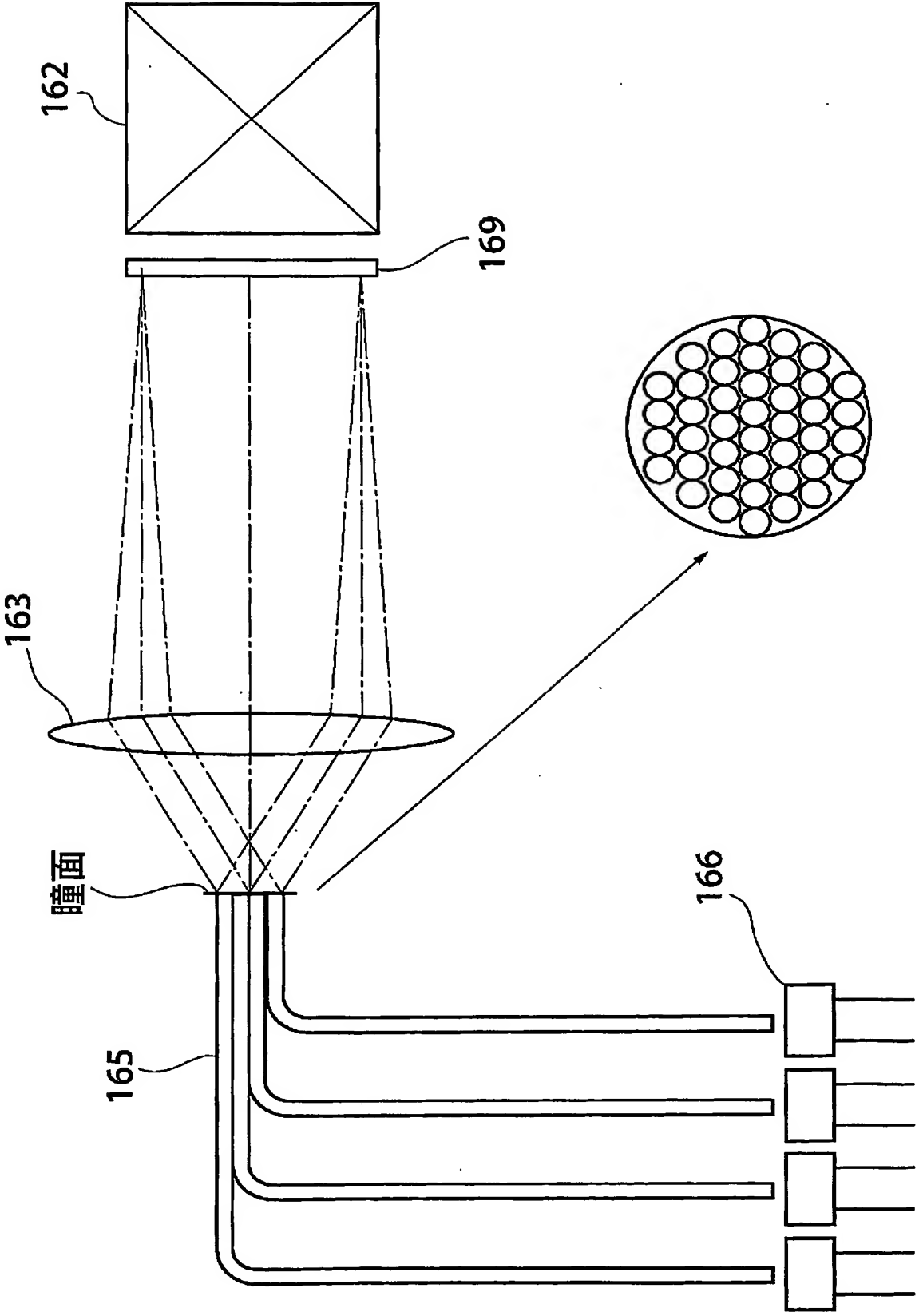
【図 8 C】



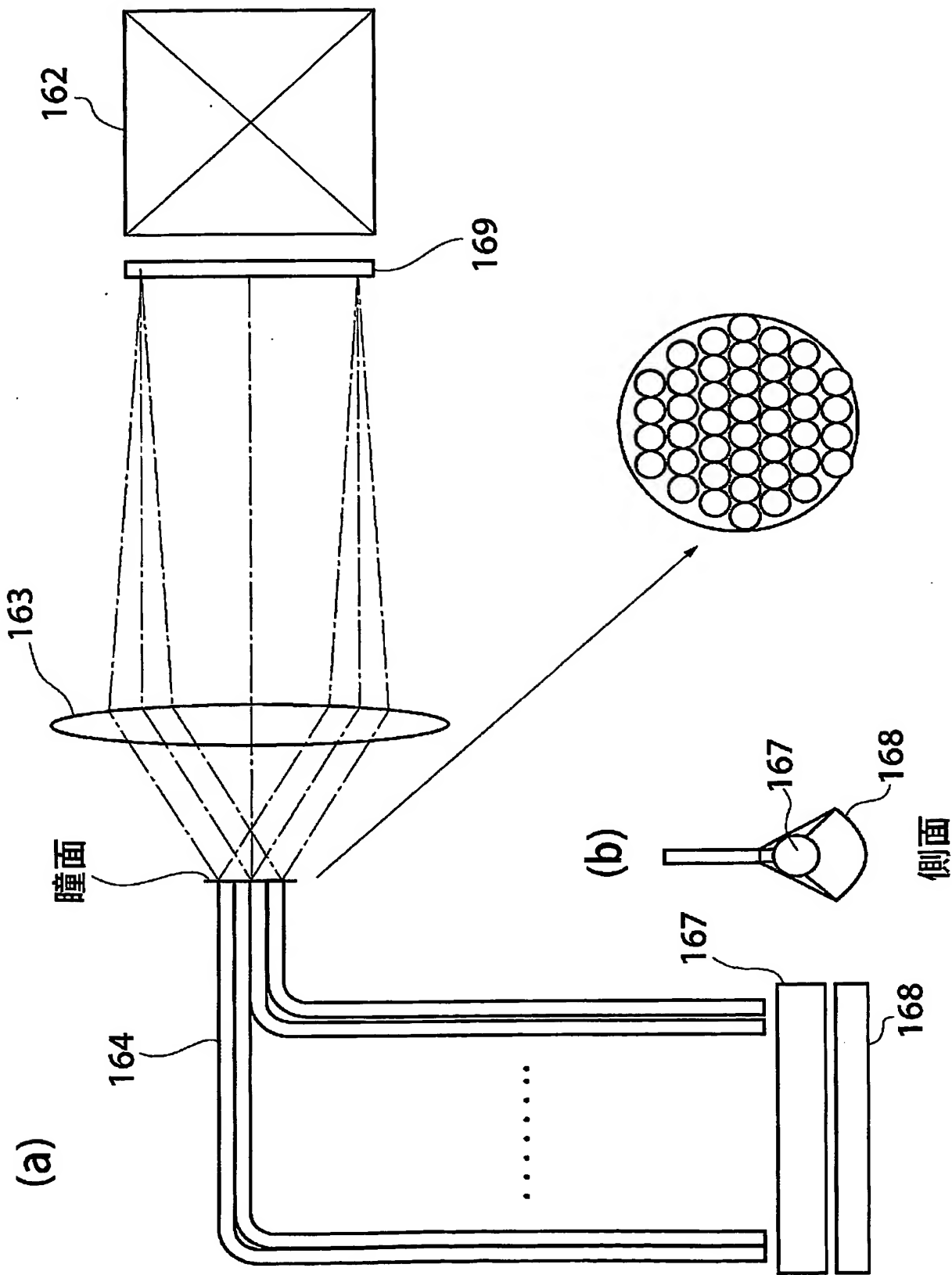
【図 8 D】



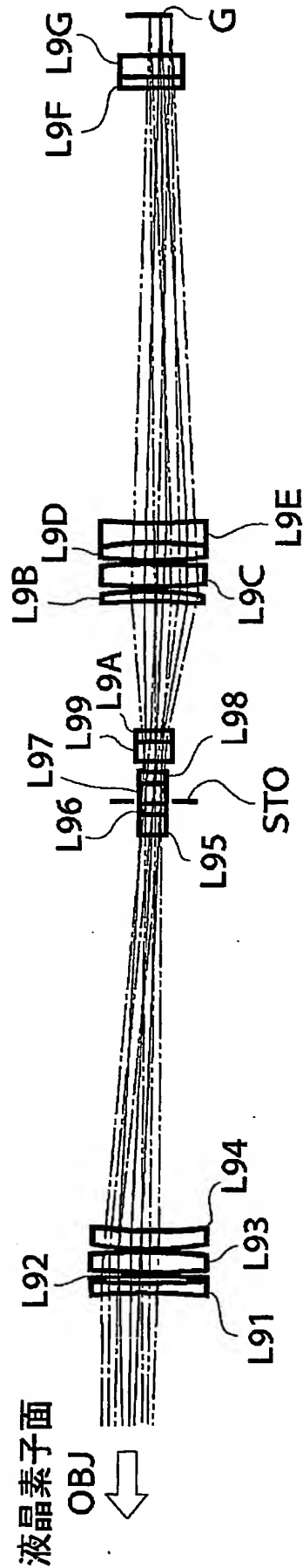
【図 8-1】



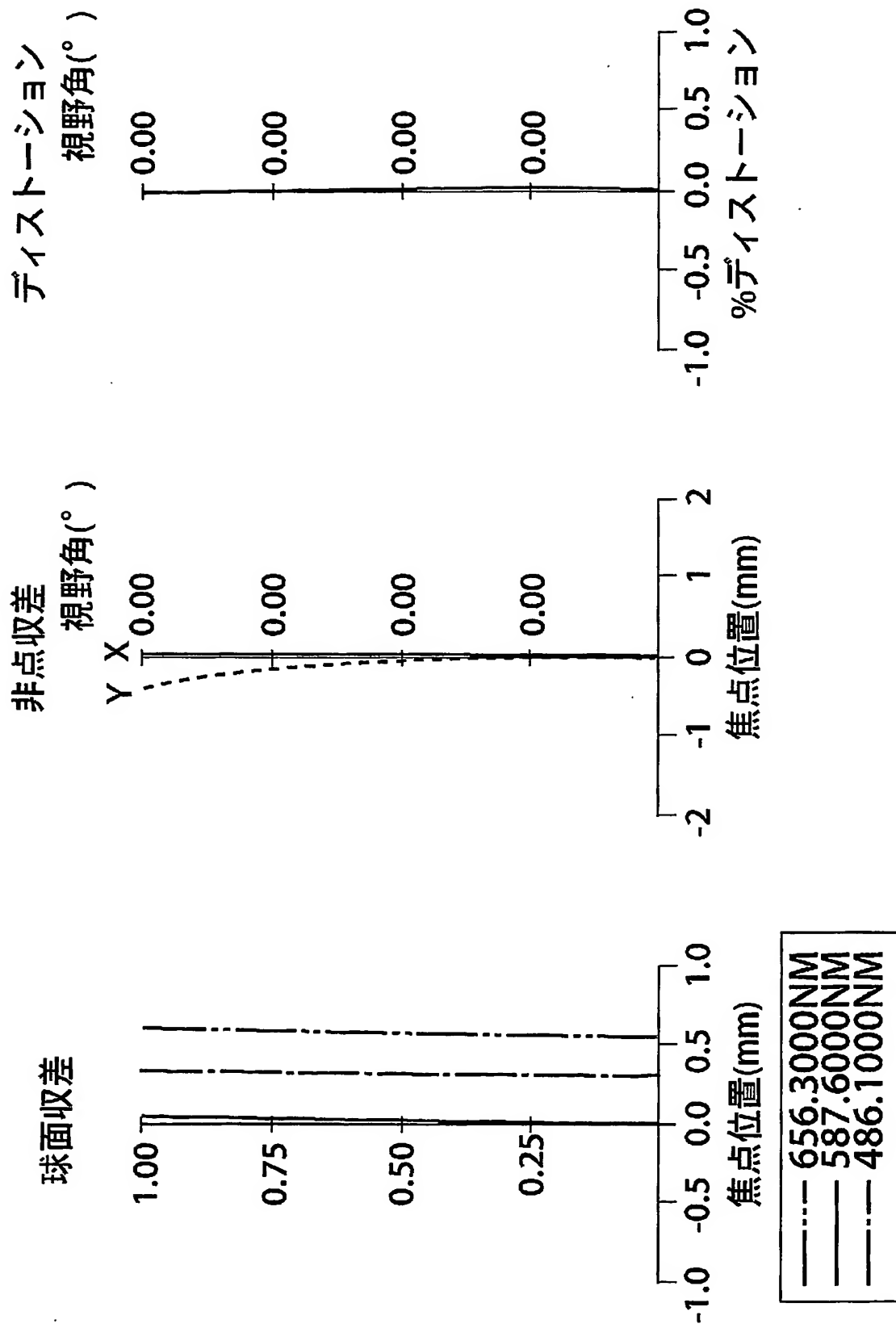
【図 8-2】



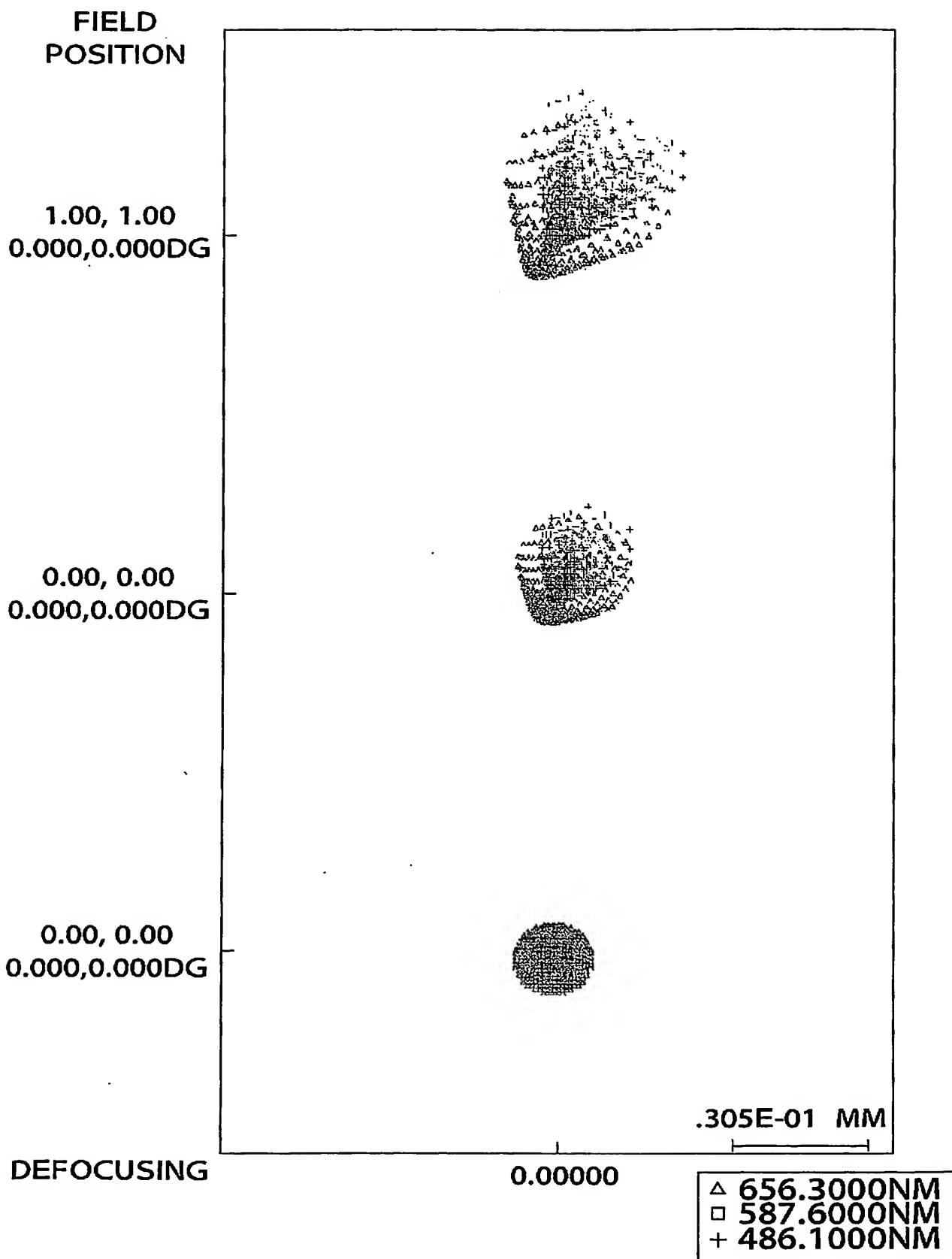
【図 9 A】



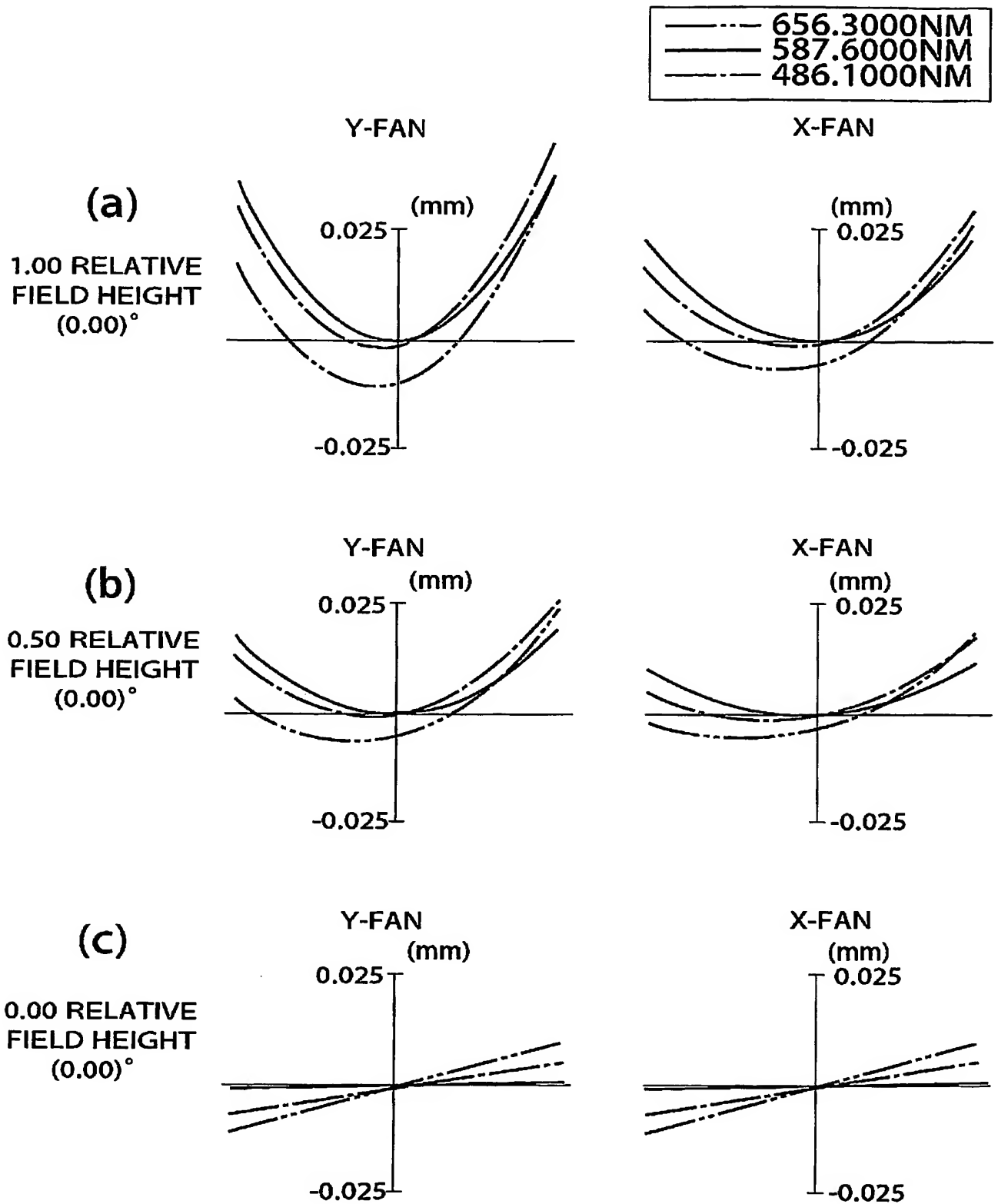
【図 9 B】



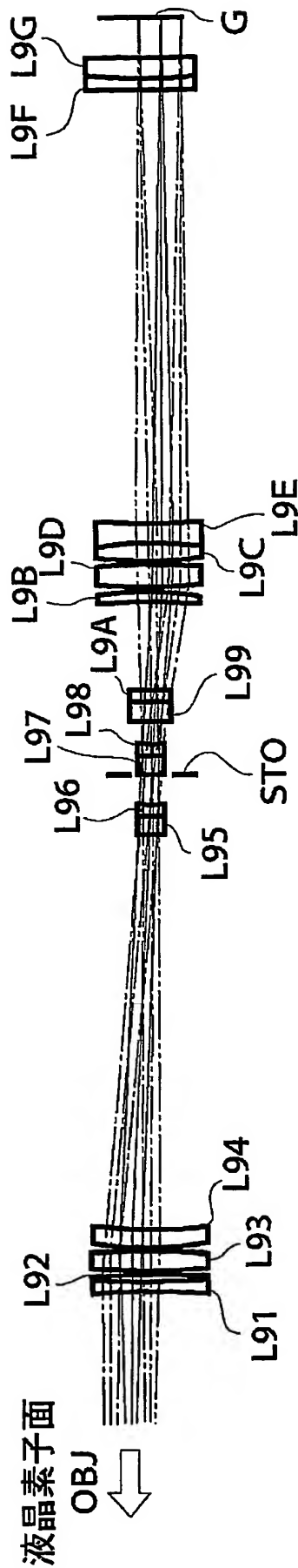
【図 9 C】



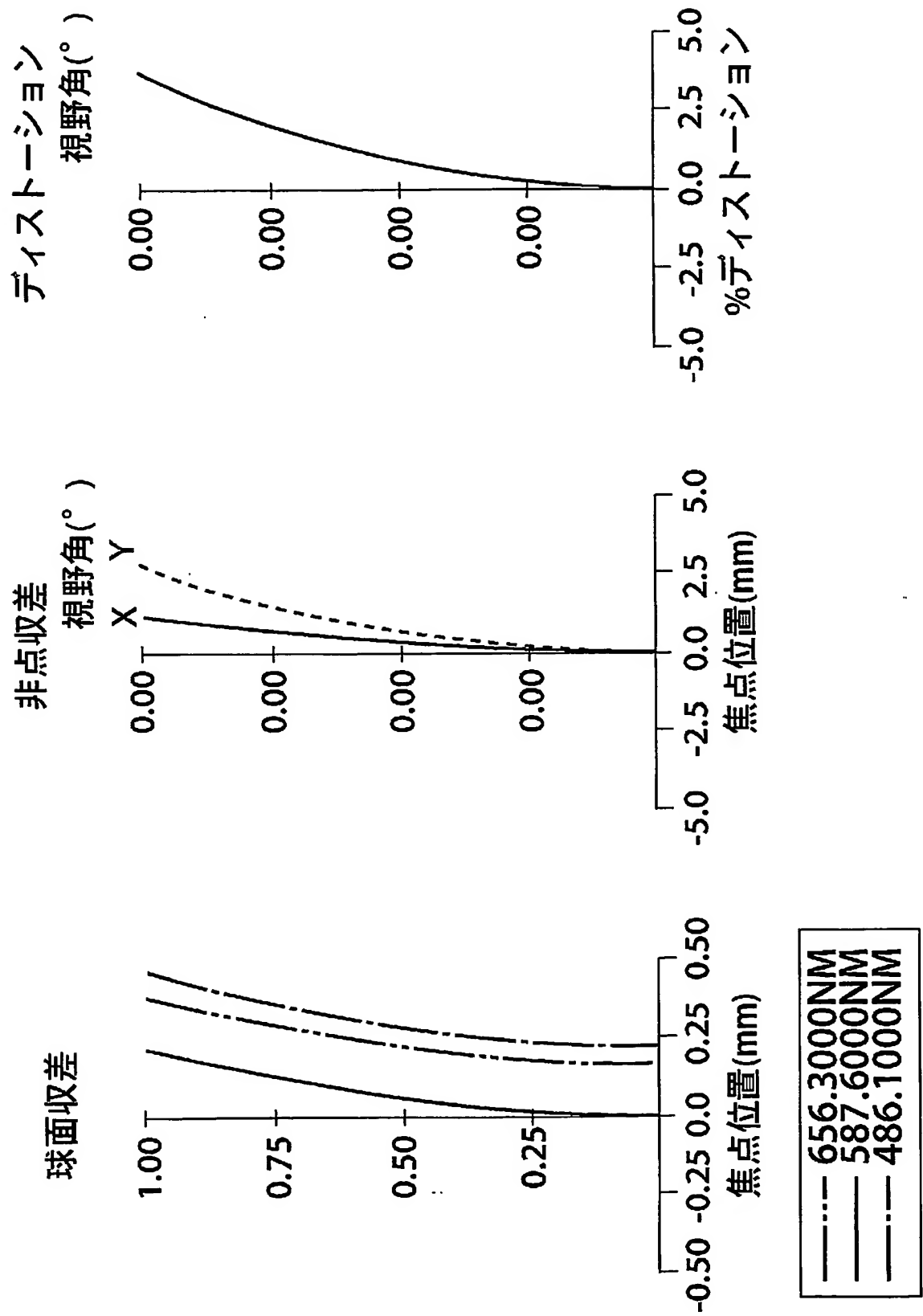
【図 9 D】



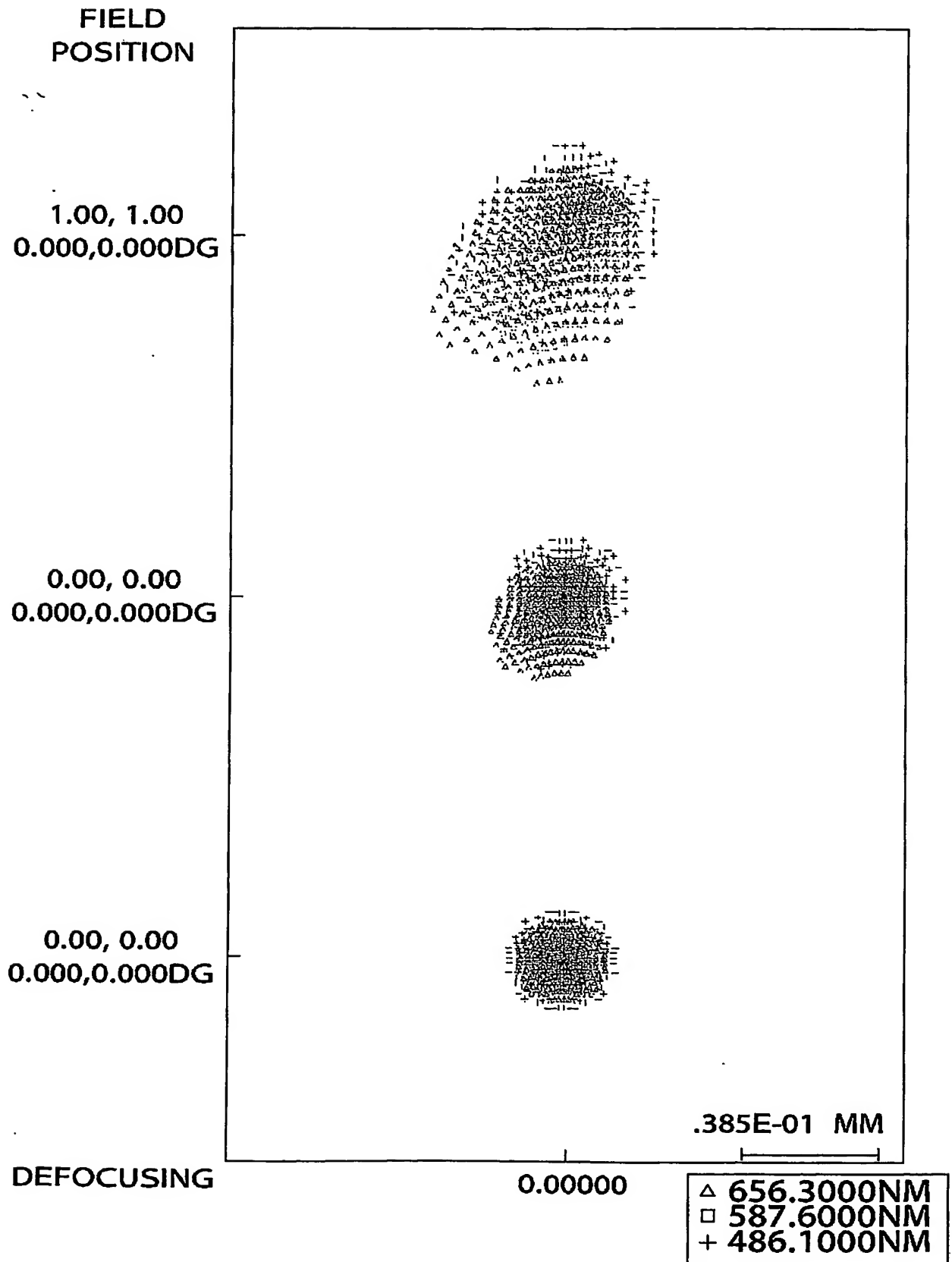
【図 10A】



【図 10 B】

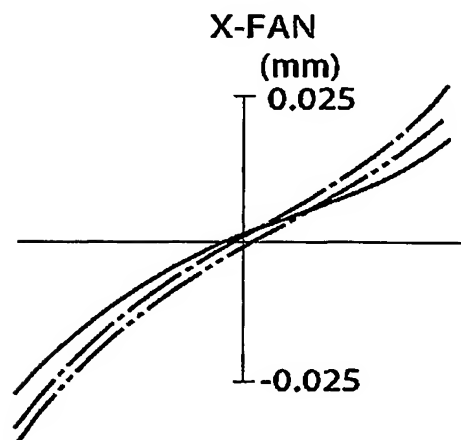
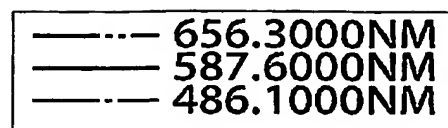
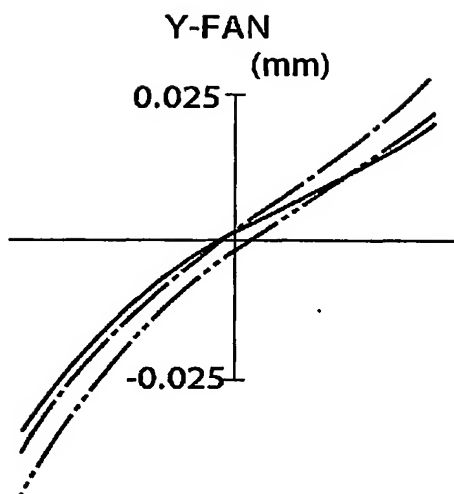


【図 10C】

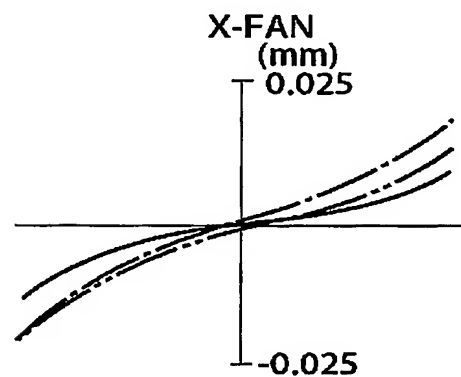
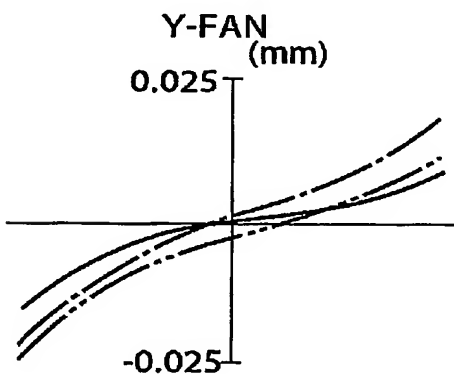


【図 10D】

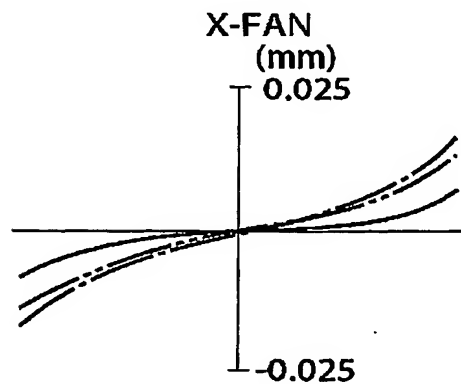
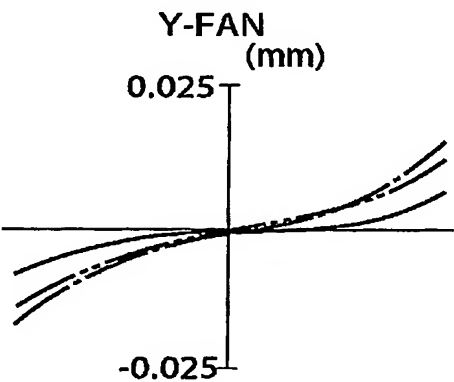
(a)
1.00 RELATIVE
FIELD HEIGHT
(0.00)°



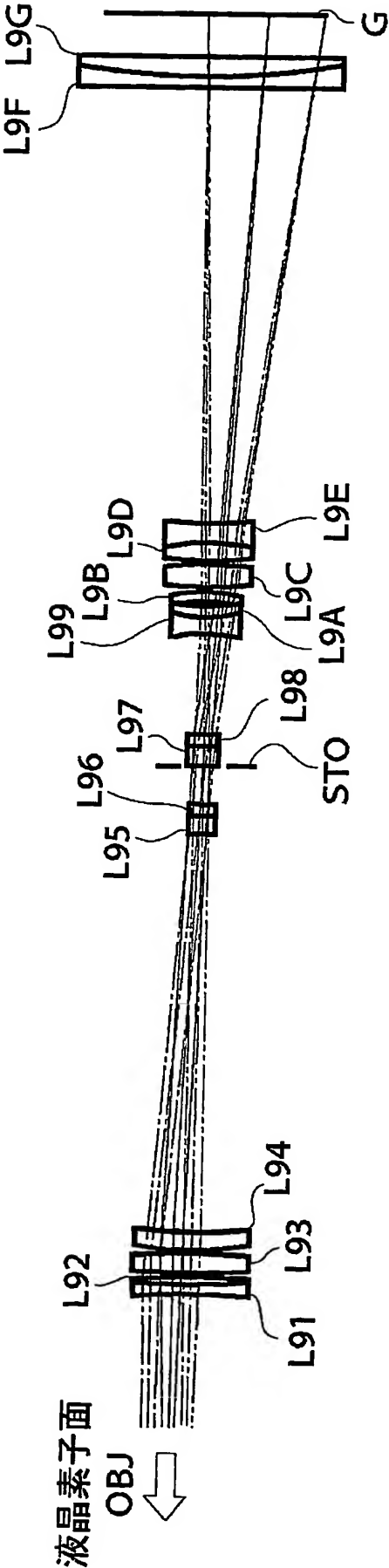
(b)
0.50 RELATIVE
FIELD HEIGHT
(0.00)°



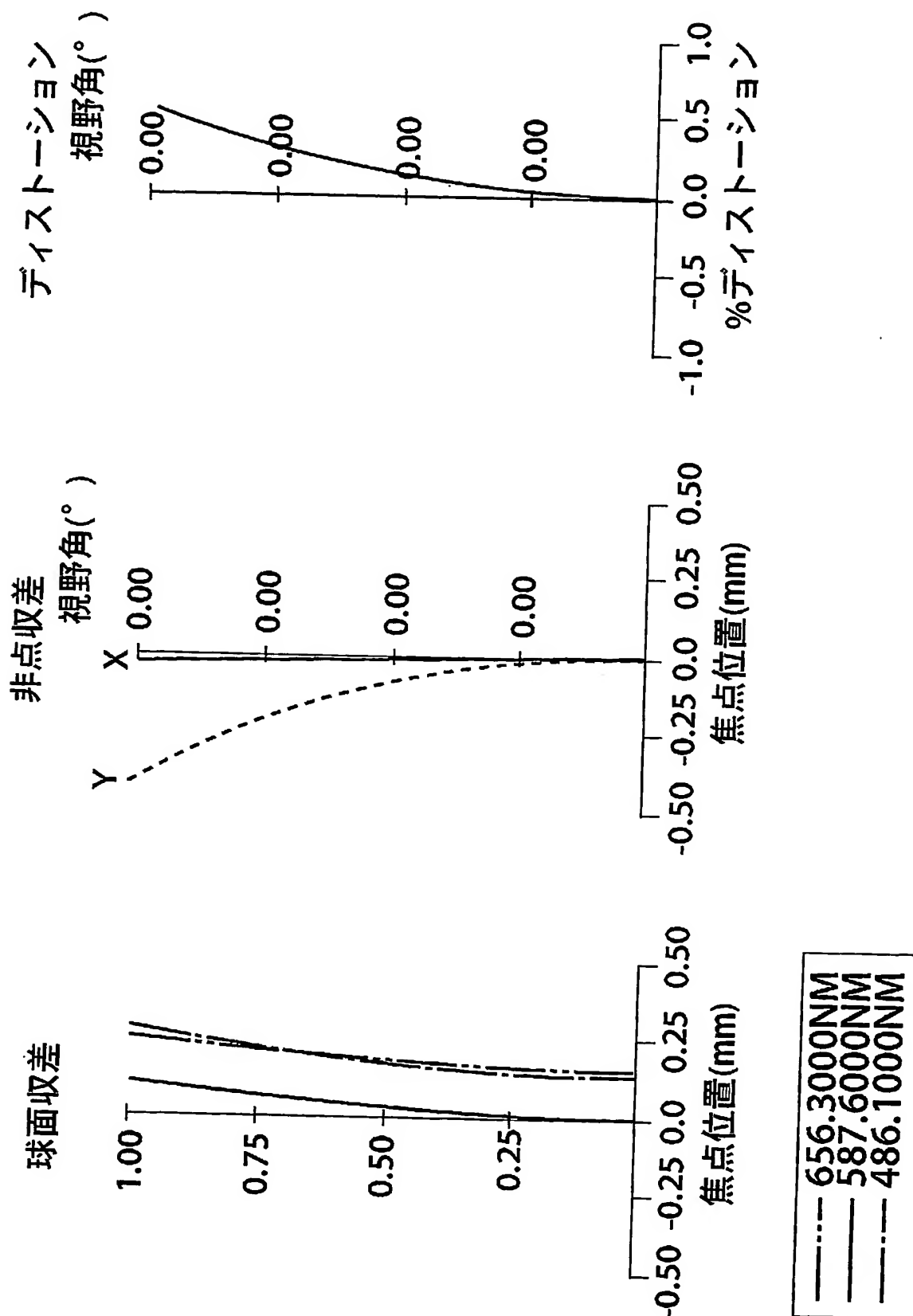
(c)
0.00 RELATIVE
FIELD HEIGHT
(0.00)°



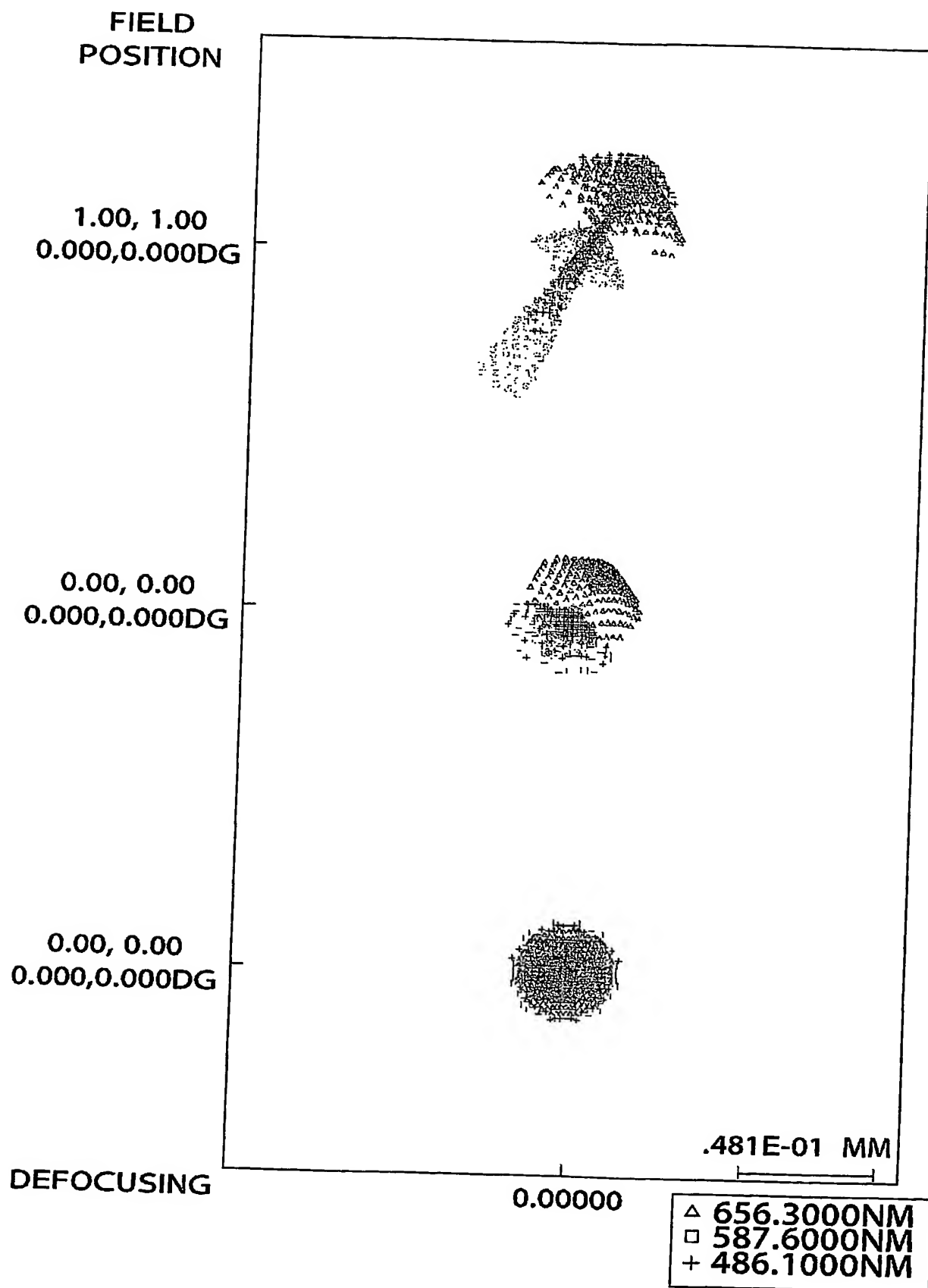
【図 11A】



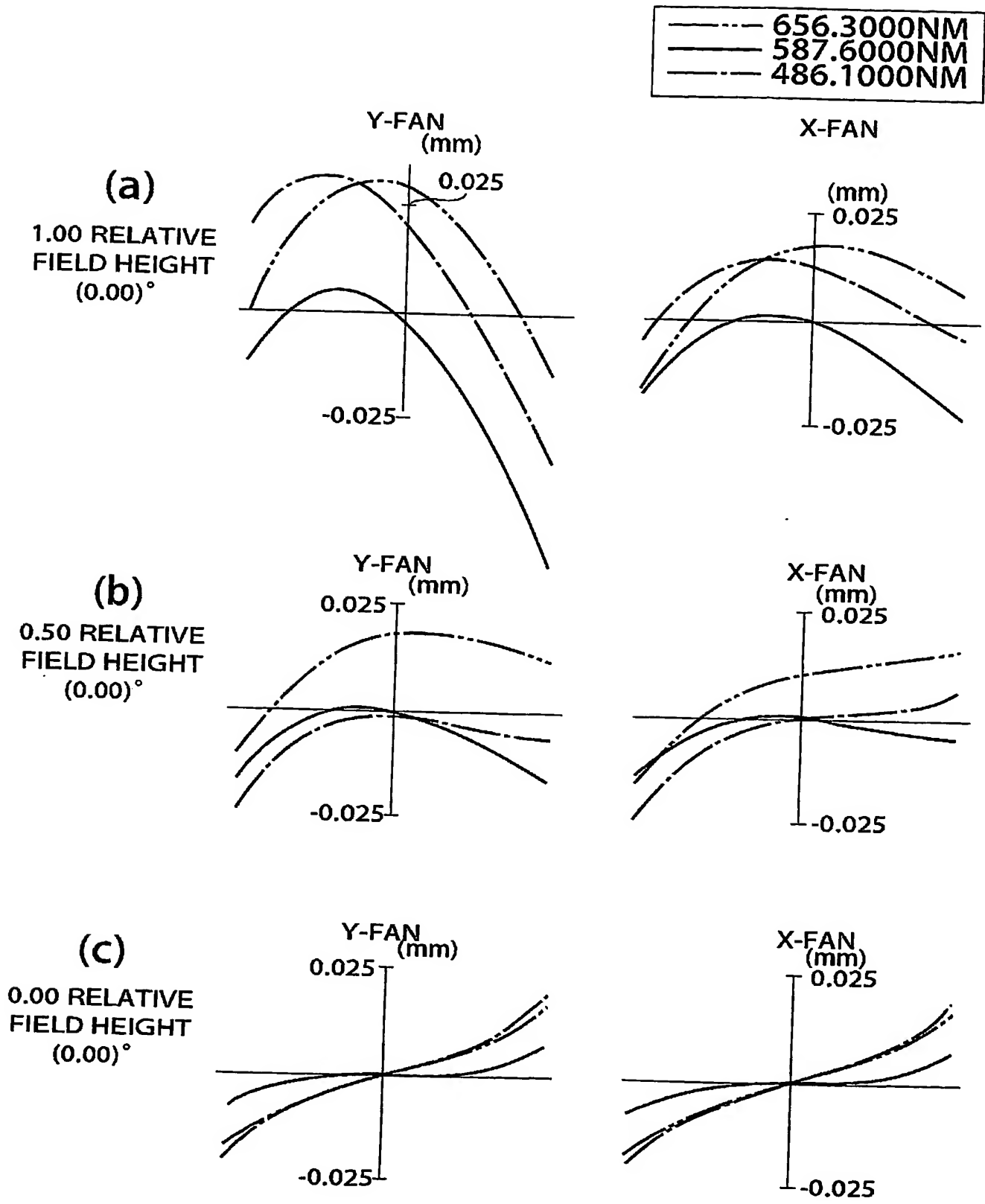
【図 11 B】



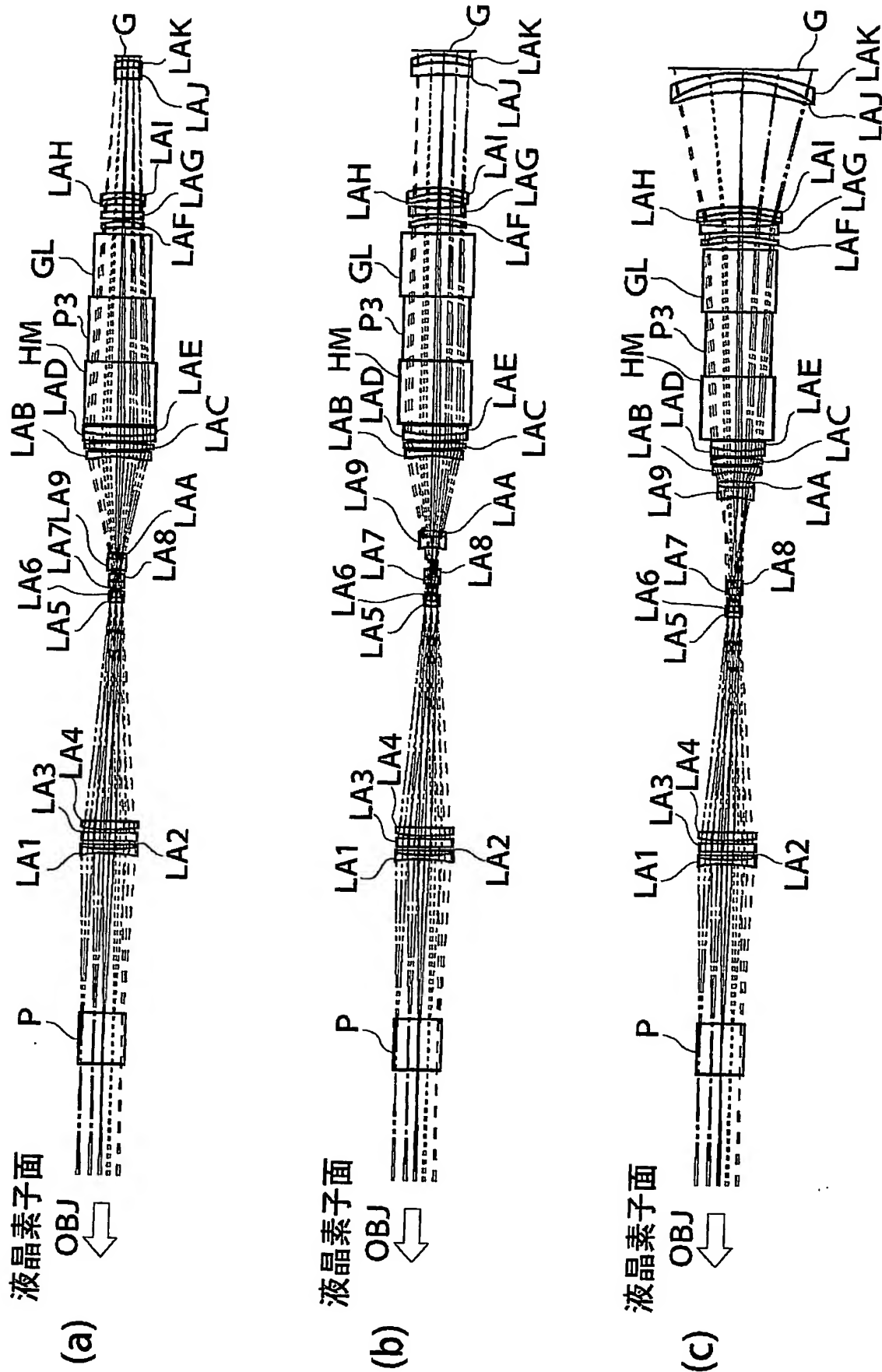
【図 11C】



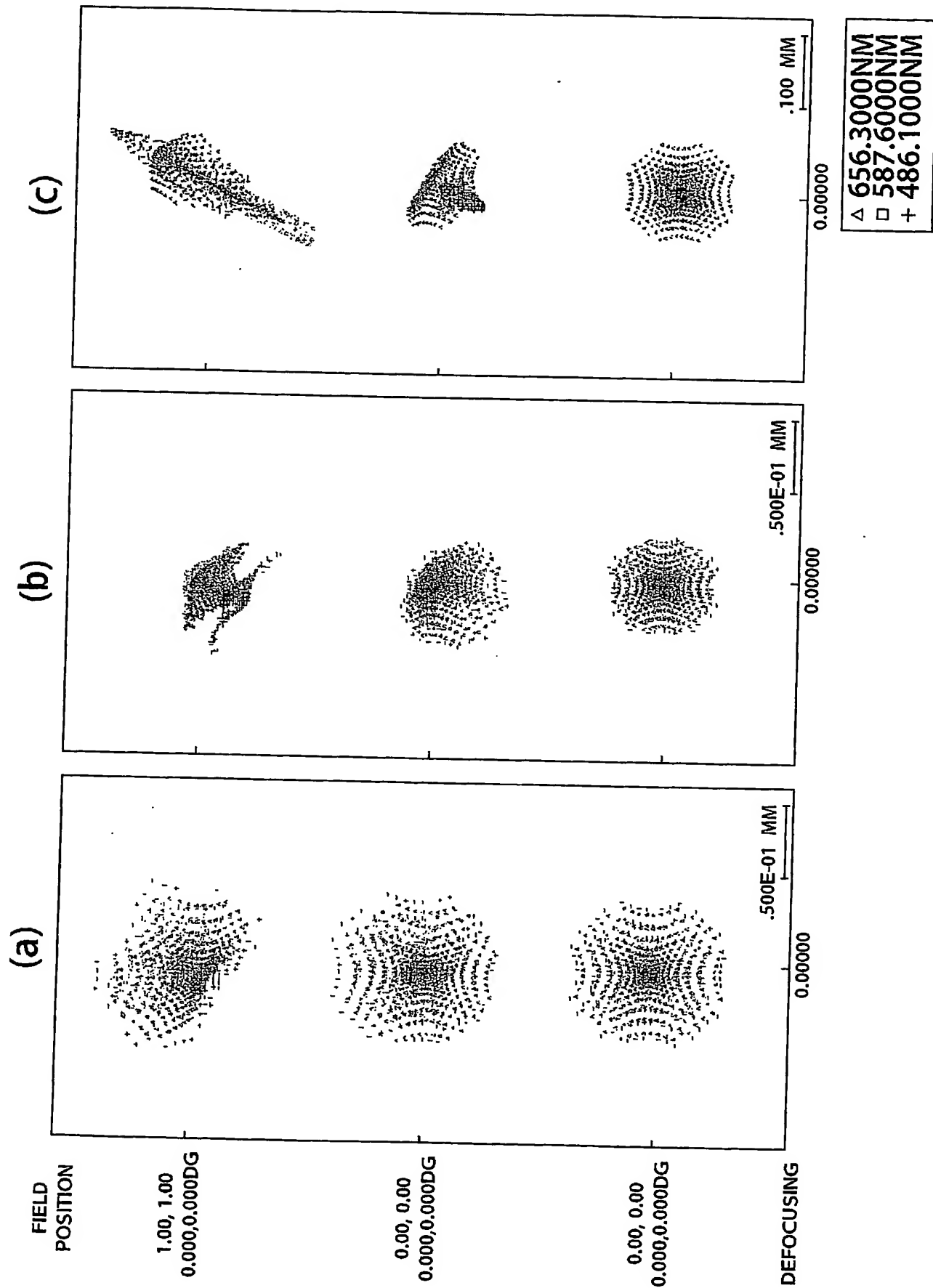
【図11D】



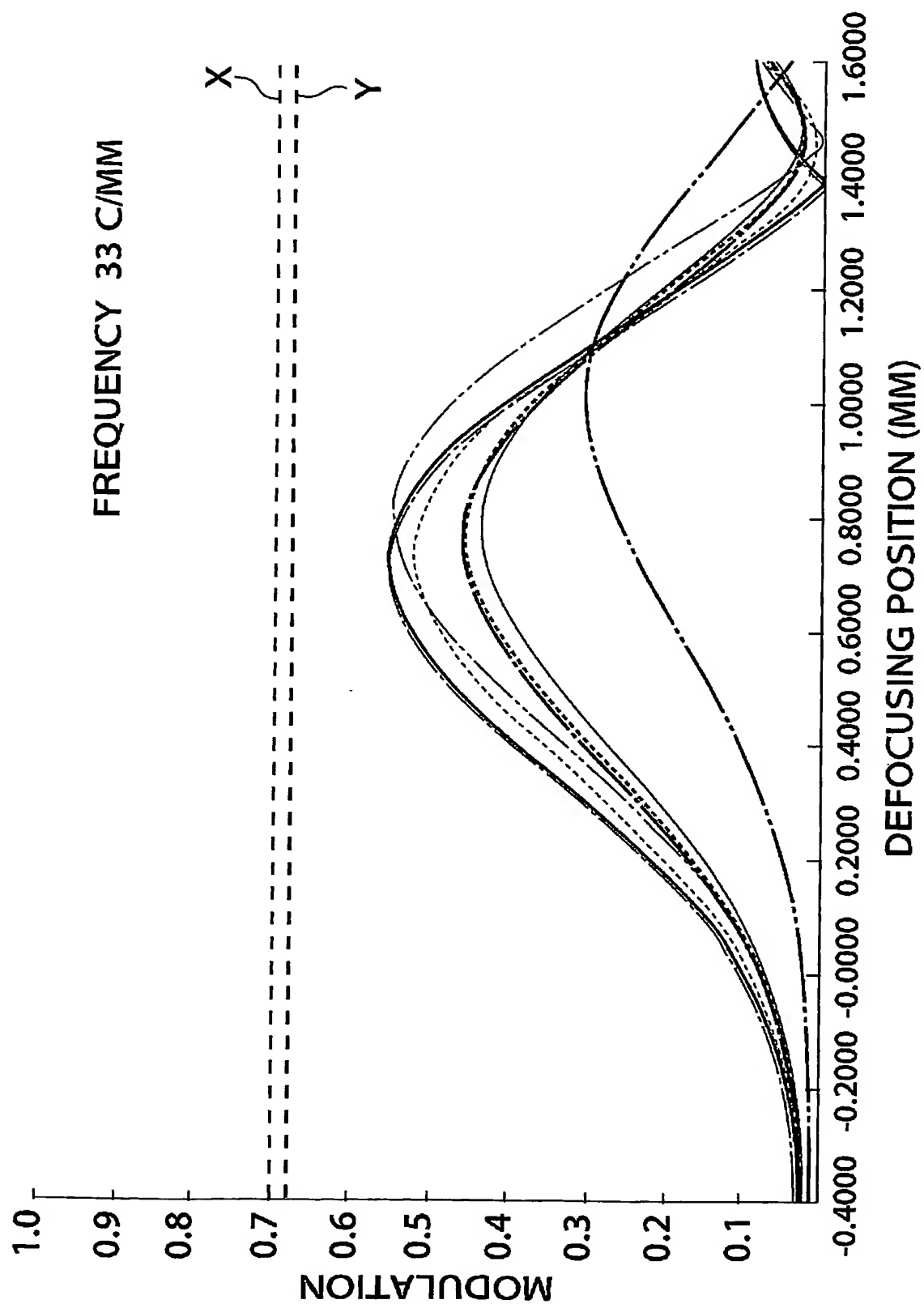
【図 12 A】



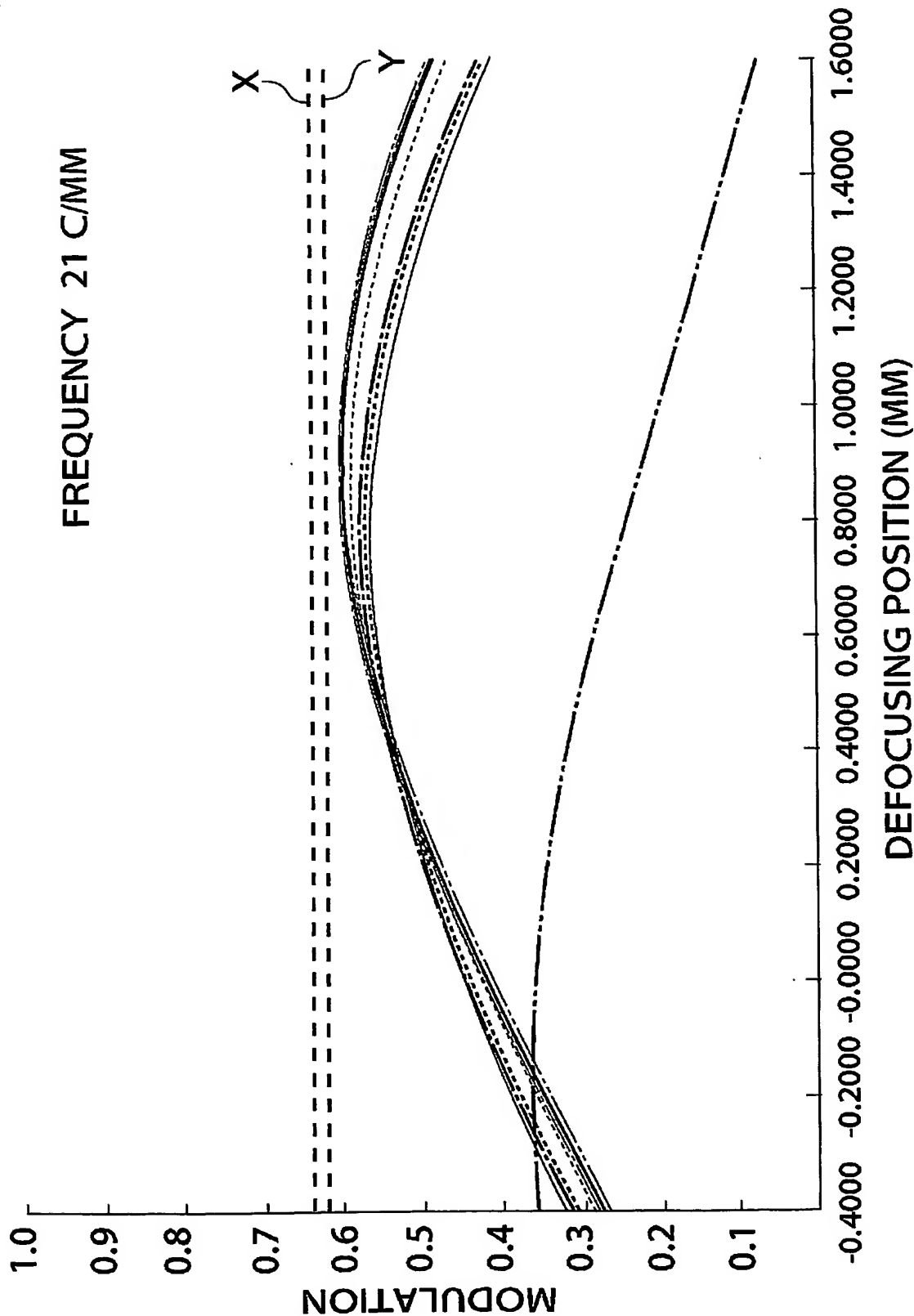
【図 12 B】



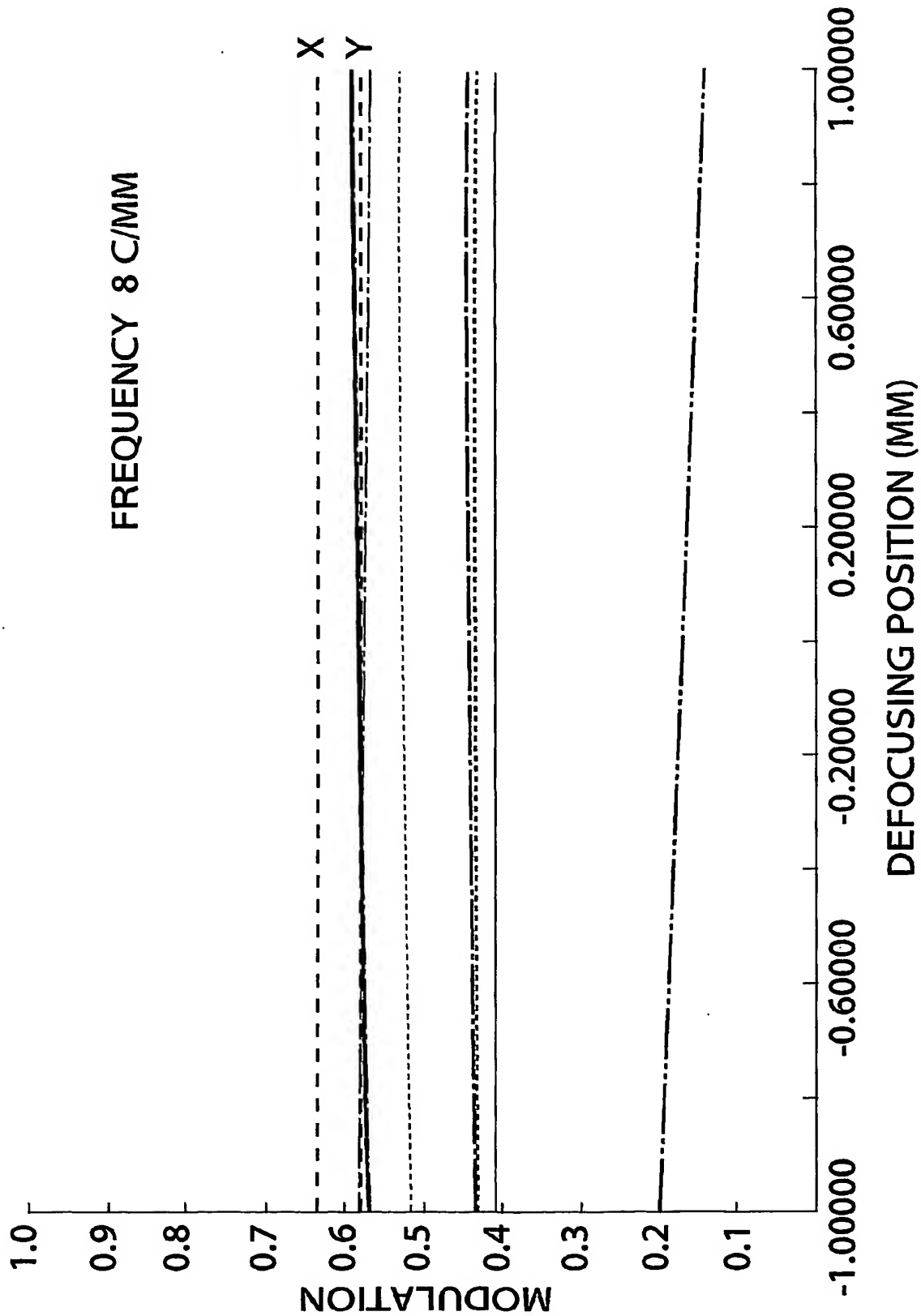
【図 12 C】



【図 12D】



【図 12 E】

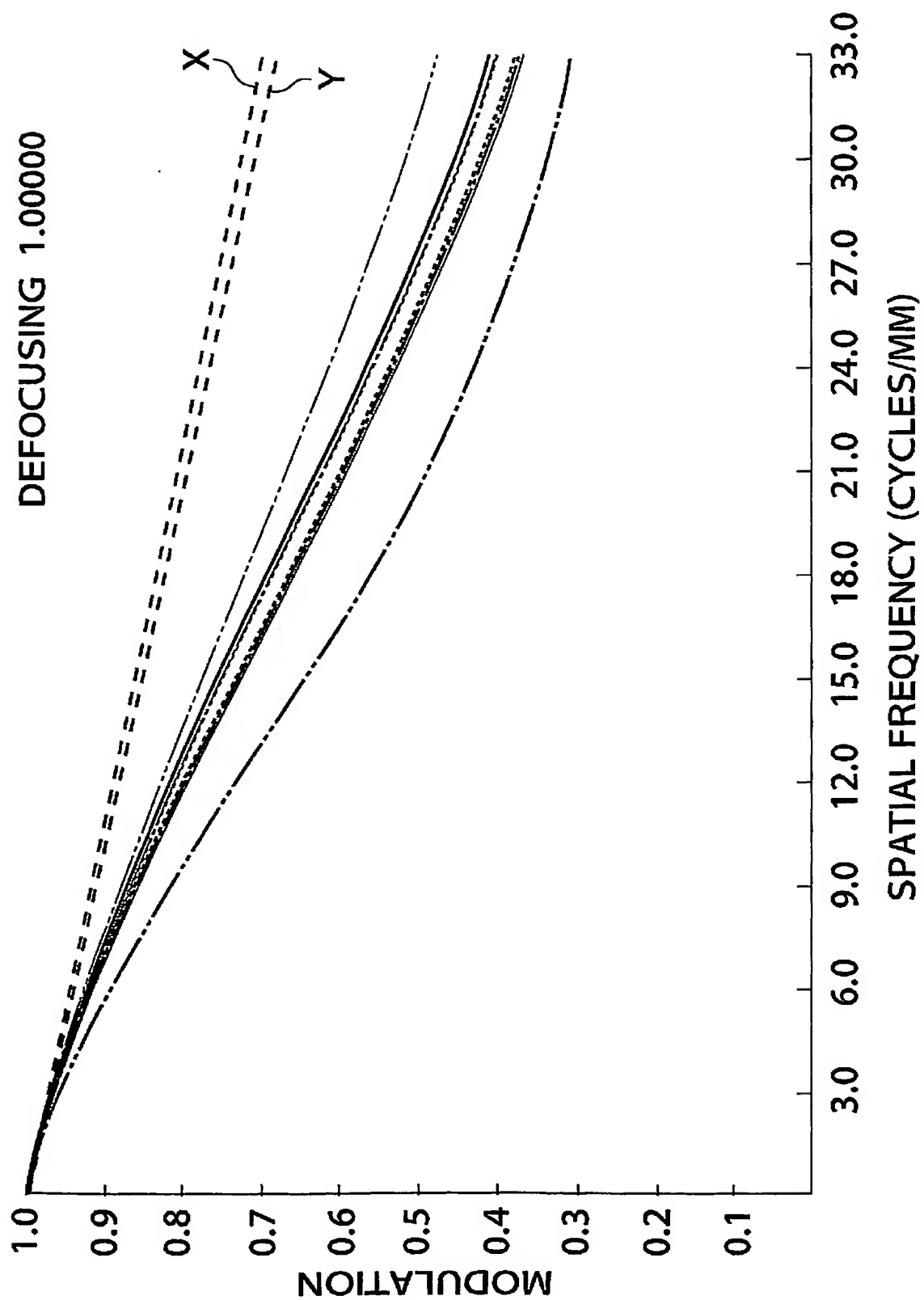


【図12F】

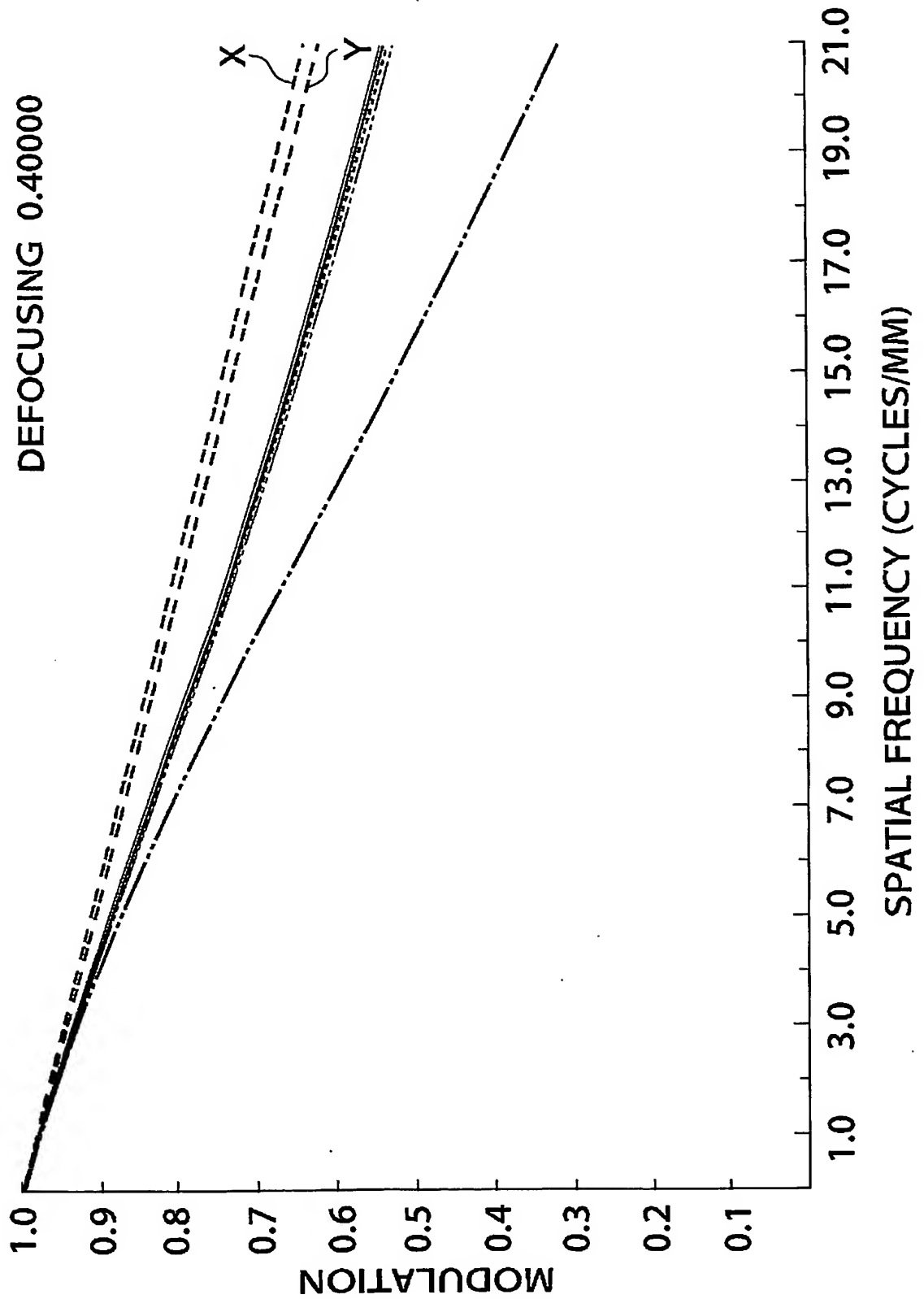
na=0.0025

ズーム系	単位	条件1	条件2	条件3	条件4	条件5	条件6	条件7	条件8	条件9	条件10	条件11	条件12	条件13
S28	mm	1	2.17	3.47	4.22	4.72	5.06	5.3	5.57	5.66	5.64	5.527	5.362	5.108
S31	mm	1	2	4	6	8	10	12	16	20	25	30	35	41.5
S34	mm	50	47.83	44.53	41.78	39.28	36.94	34.7	30.43	26.34	21.36	16.473	11.638	5.392
像側近似AF面	mm	2.2073	2.2236	2.2151	2.2963	2.2947	2.3236	2.2535	2.1447	2.2917	2.2077	2.2104	2.2566	2.1962
スリ-投影像/2	mm	6.19	6.98	8.24	9.36	10.45	11.52	12.60	14.83	17.17	20.25	23.56	27.13	32.197
ファ-周期/視力	倍	0.87	0.98	1.16	1.32	1.47	1.62	1.78	2.09	2.42	2.85	3.32	3.82	4.53
評価周波数	Hz	34.13	34.13	29.42	25.89	23.20	21.04	19.23	16.34	14.12	11.97	10.29	8.93	7.53
視野角度(片側)	度	18.50	20.67	24.01	26.85	29.46	31.92	34.28	38.74	42.87	47.60	51.87	55.72	60.13
MTF0	%	36.5%	37.7%	52.0%	55.2%	54.0%	54.5%	53.3%	54.4%	51.0%	51.4%	46.0%	47.7%	44.0%
MTF0.5	%	36.4%	38.4%	53.4%	56.2%	54.5%	55.1%	53.6%	54.2%	52.4%	54.5%	49.1%	50.8%	44.2%
MTF1	%	31.5%	30.9%	37.9%	42.2%	40.1%	31.1%	27.7%	21.3%	19.0%	17.9%	25.2%	26.9%	16.9%
ハ-ス-ハ	mm	1	1	0.8	0.6	0.4	0.4	0.2	0	-0.4	0.8	0	0.2	0

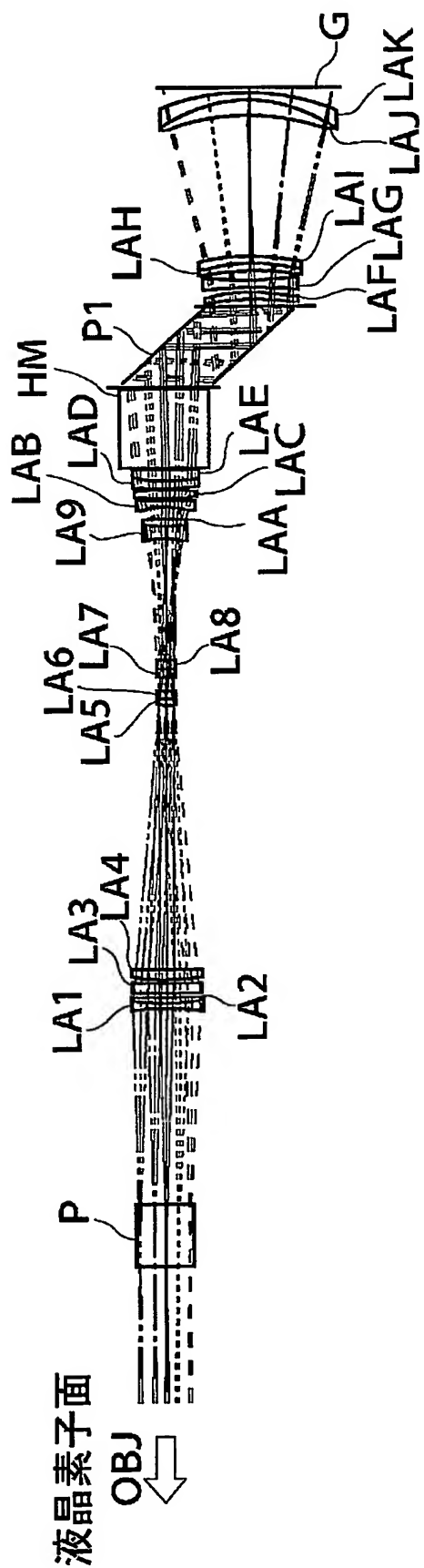
【図 12 G】



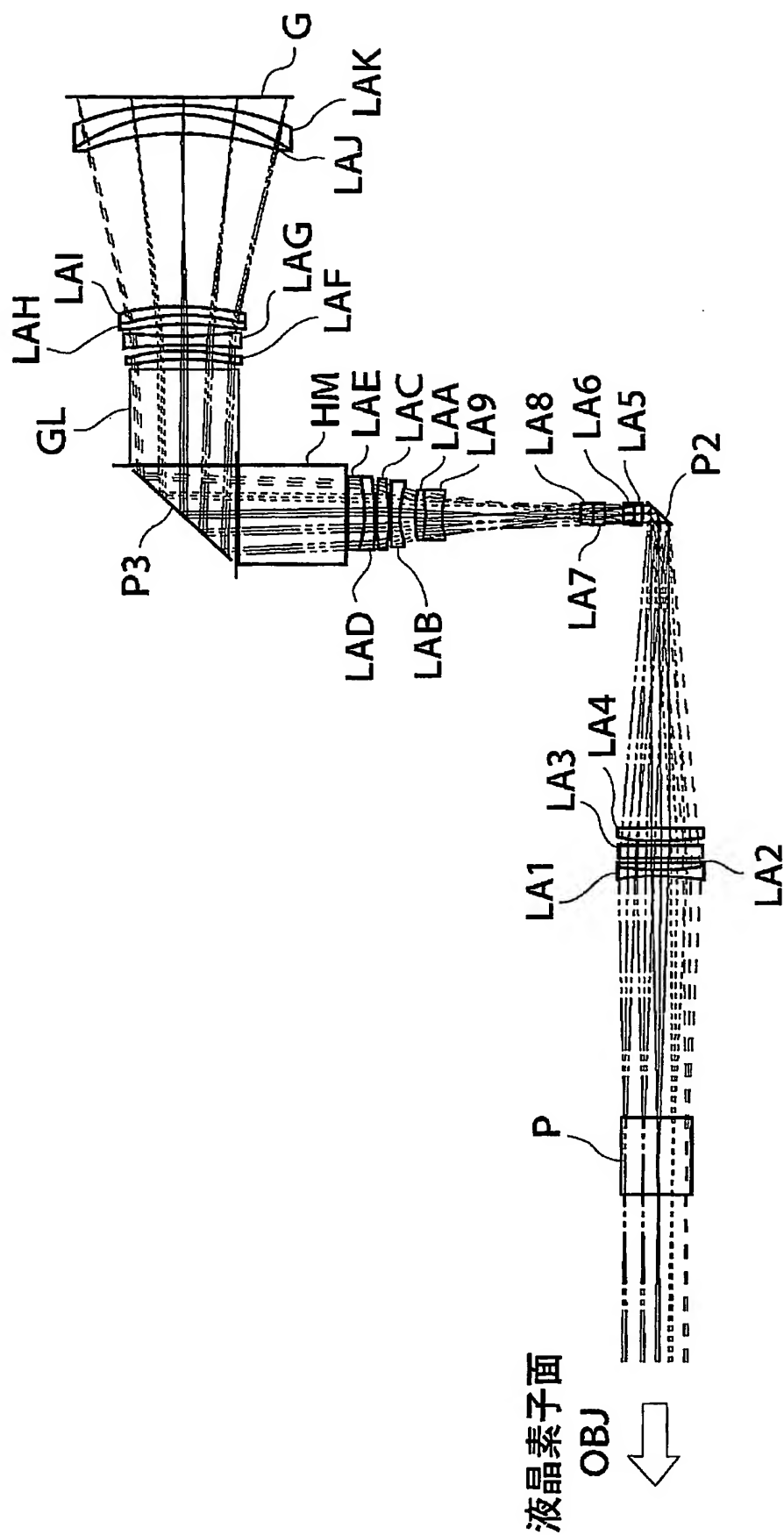
【図 12H】



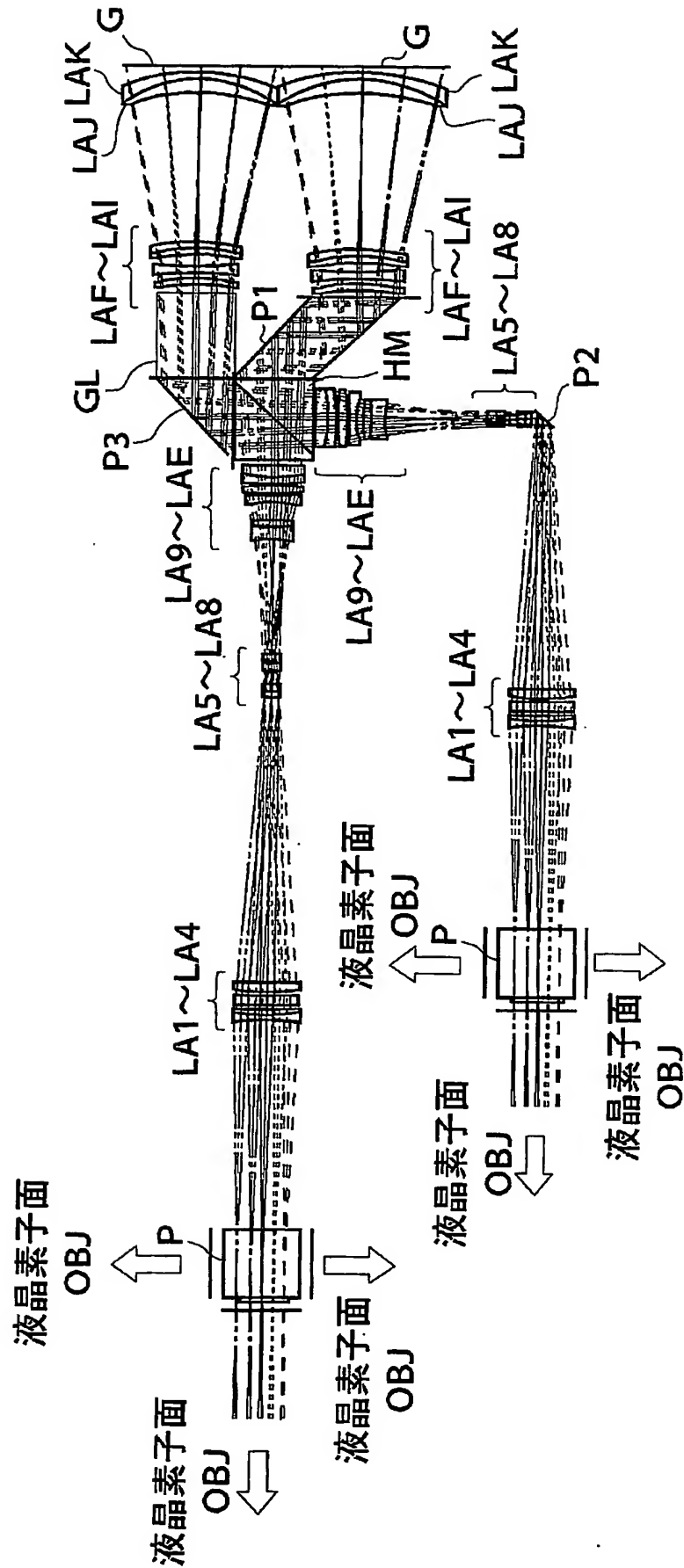
【図 13A】



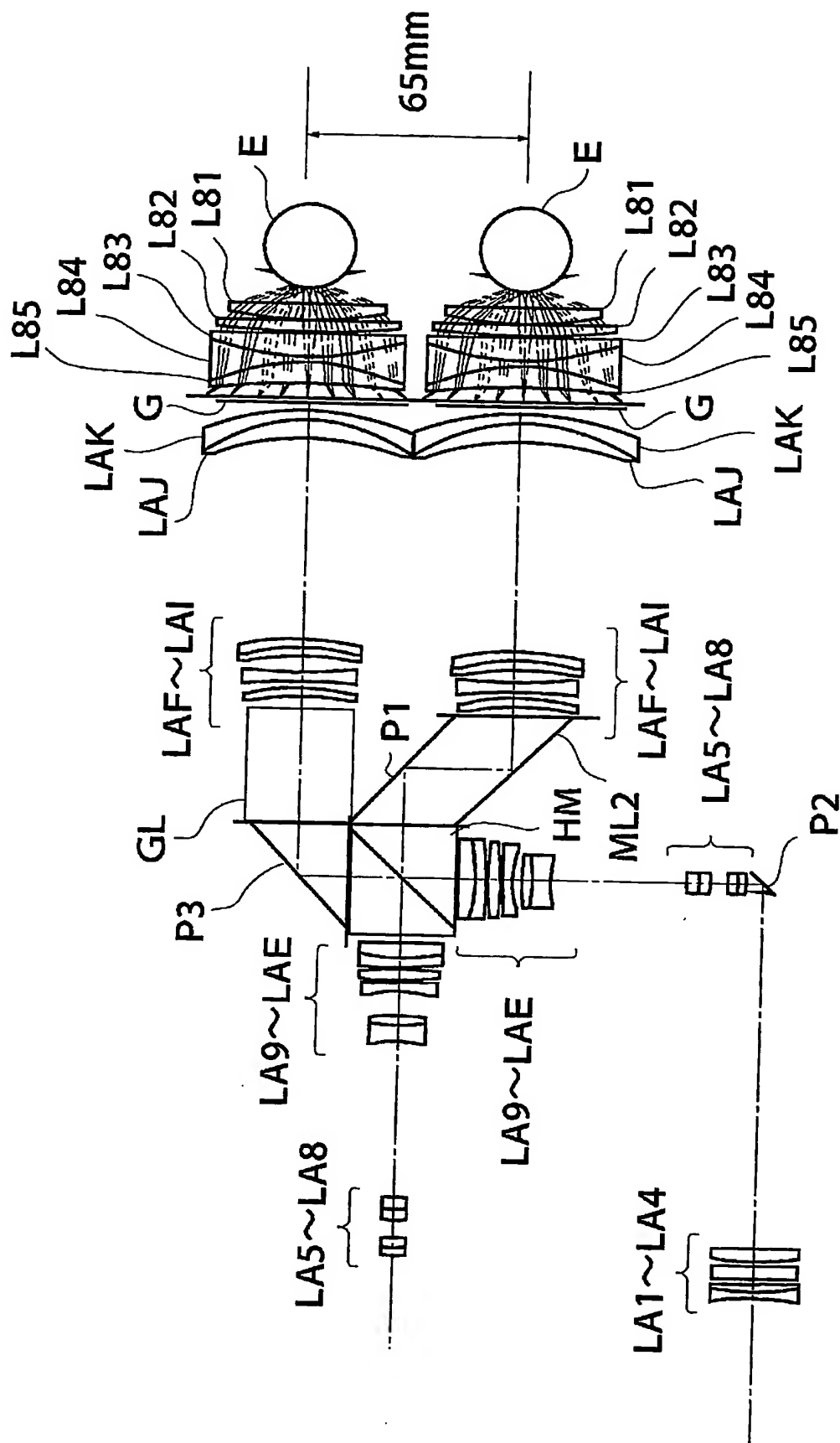
【図 13 B】



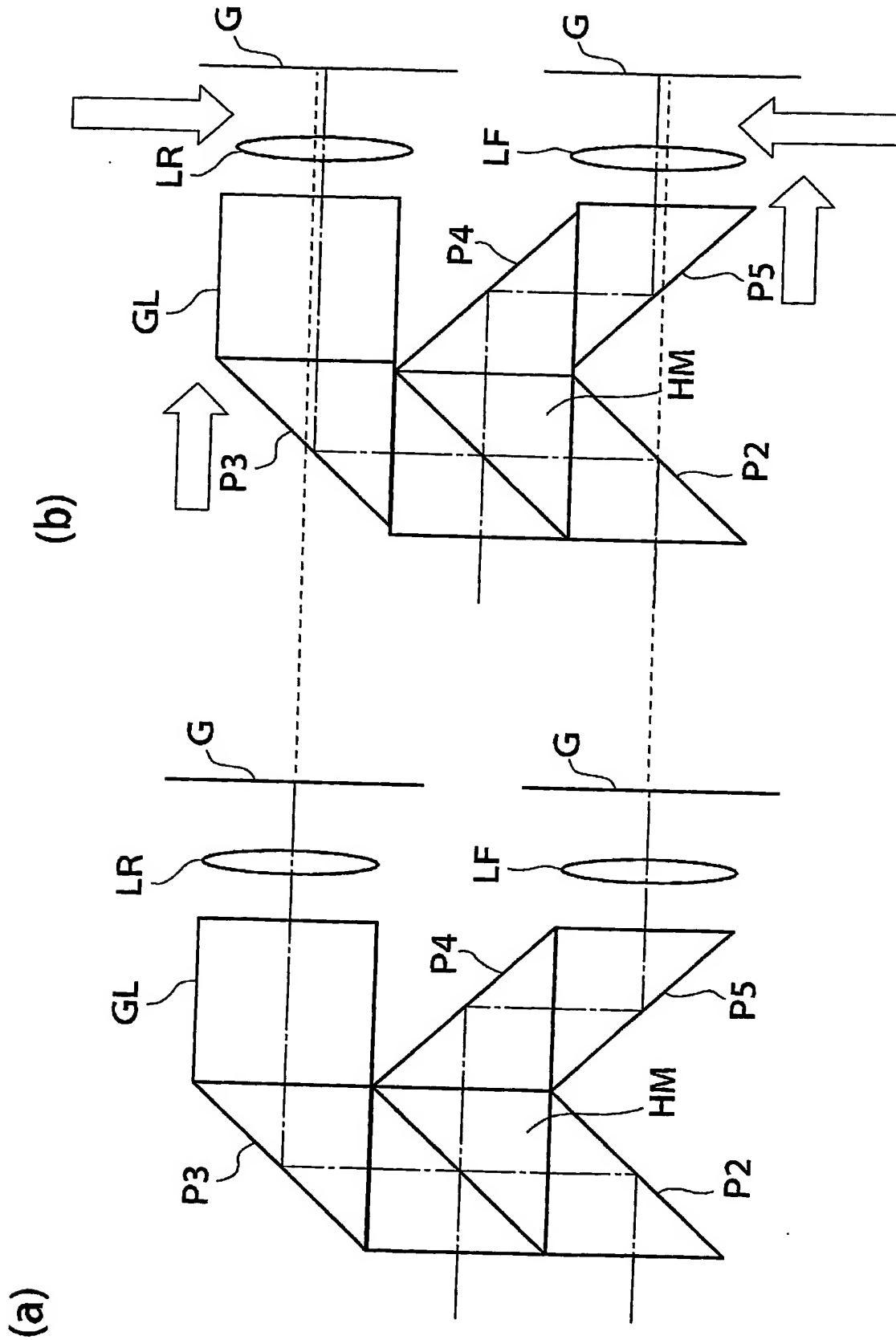
【図 13C】



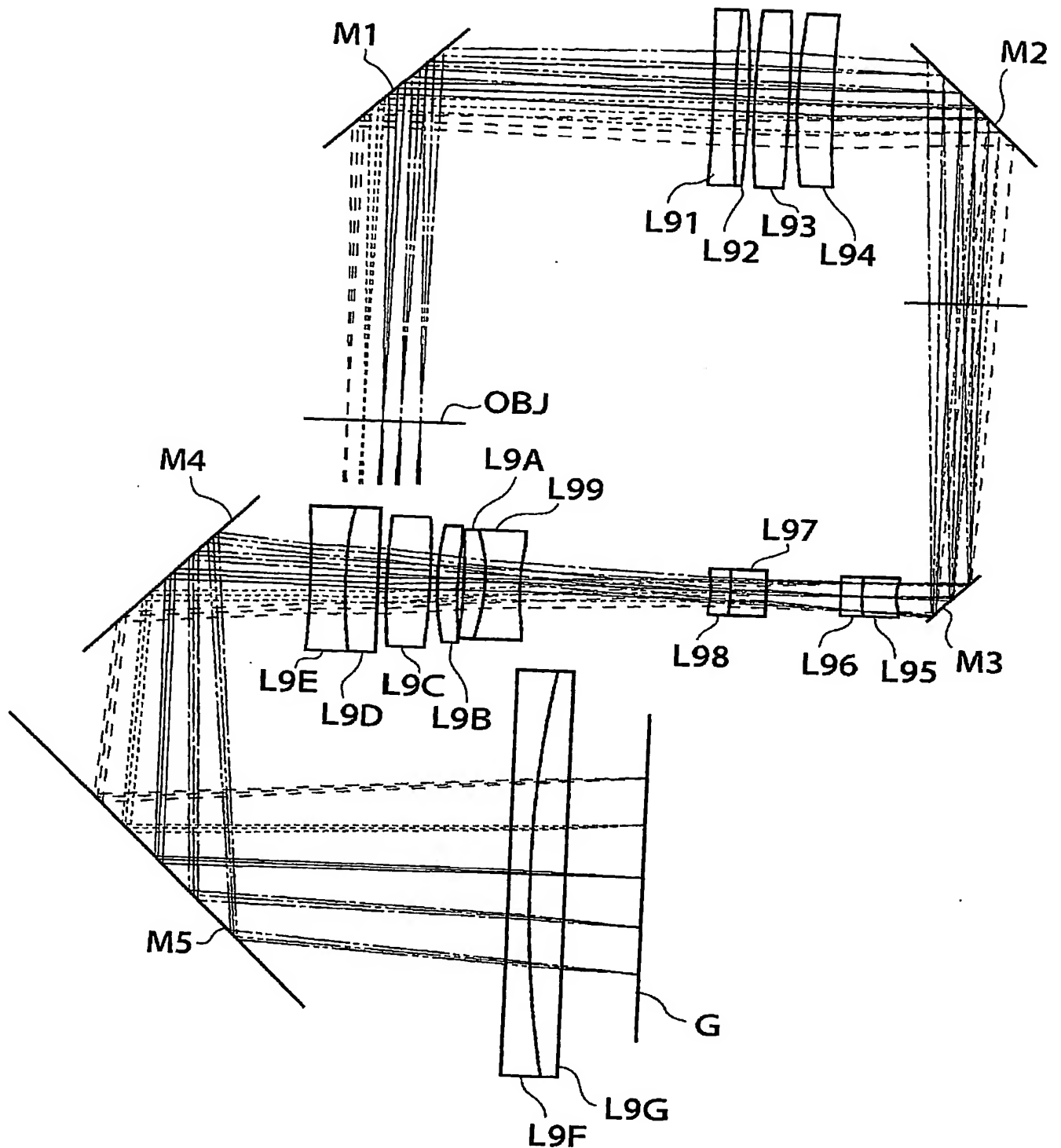
【図13-1】



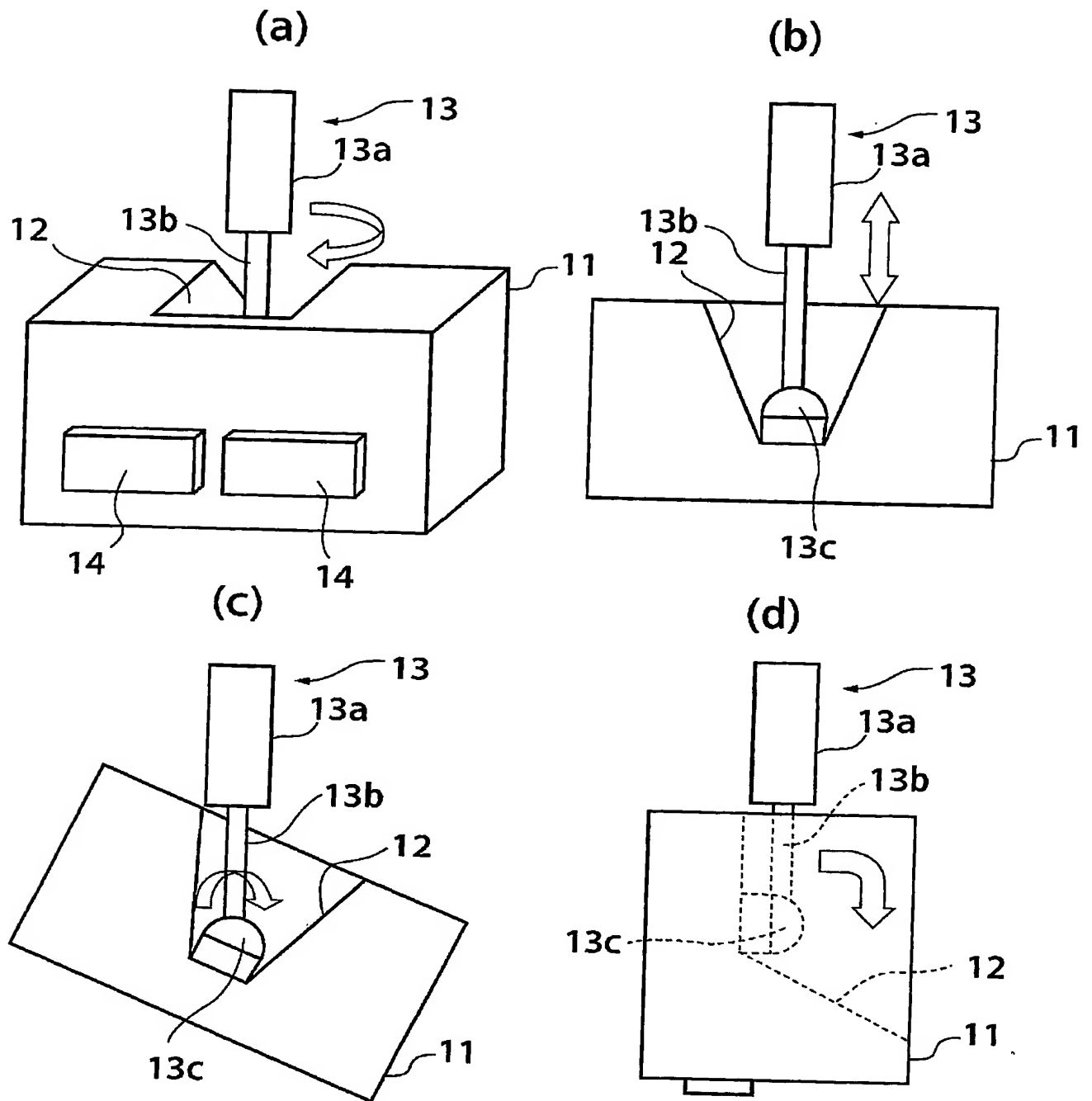
【図13-2】



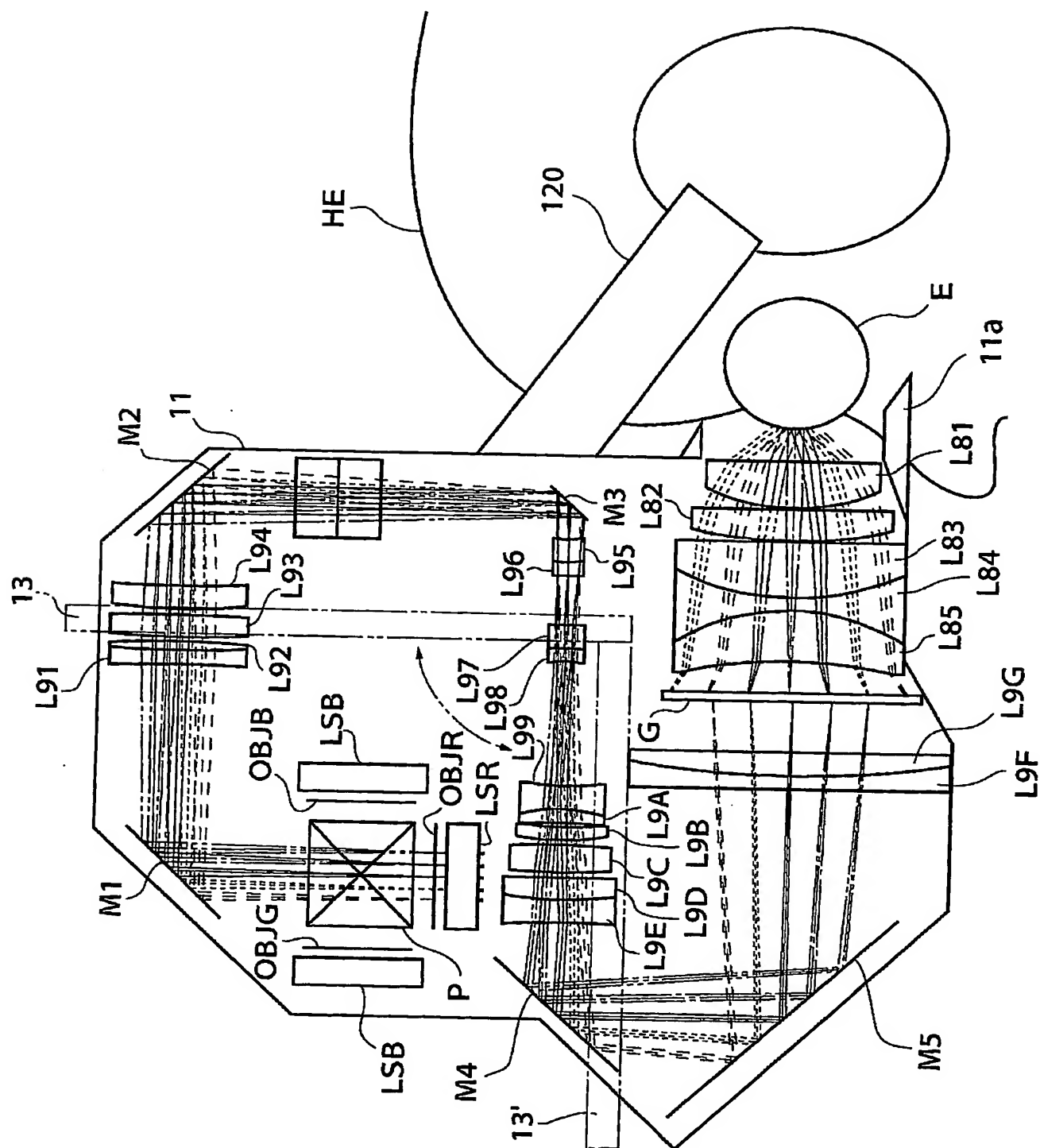
【図 14】



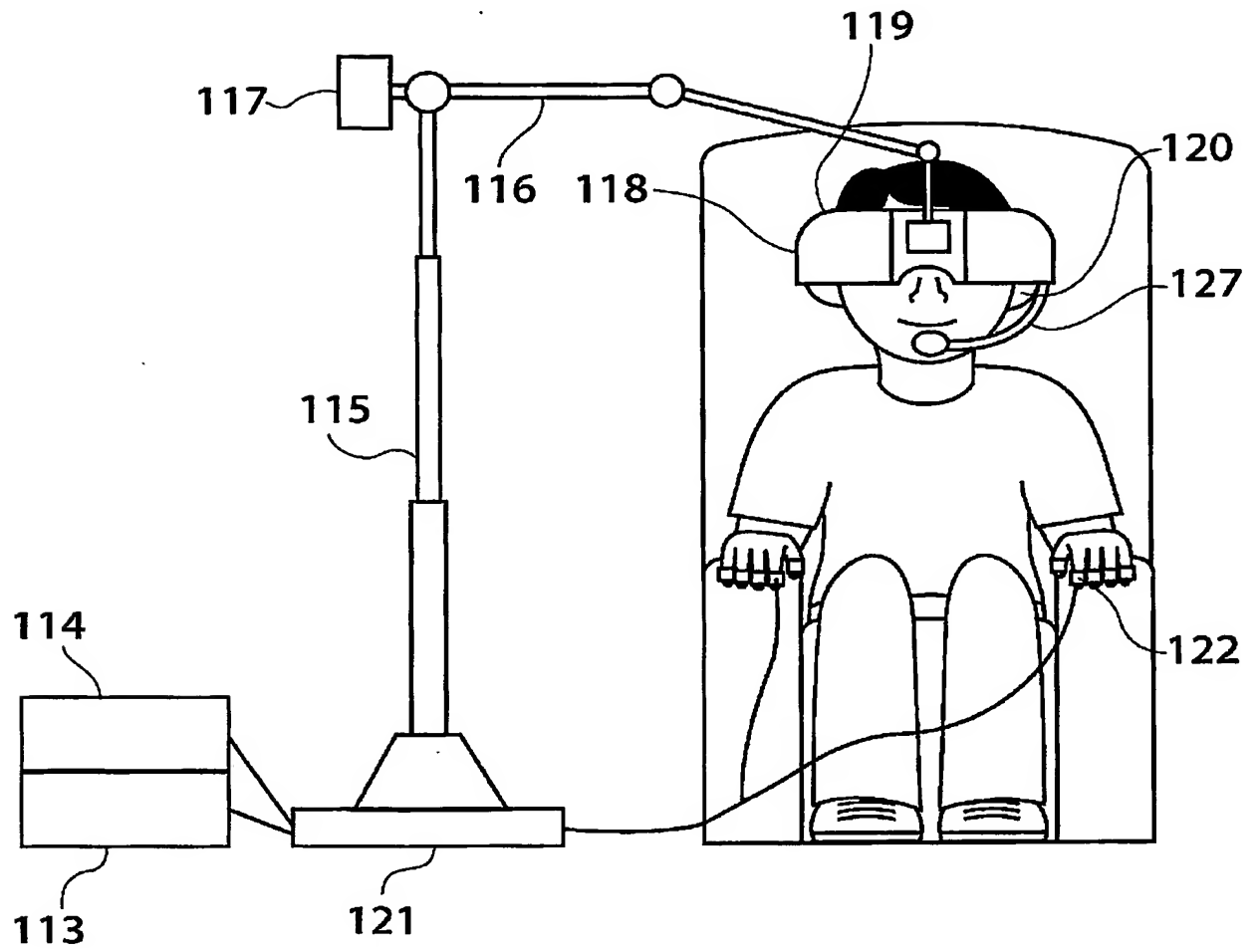
【図 15】



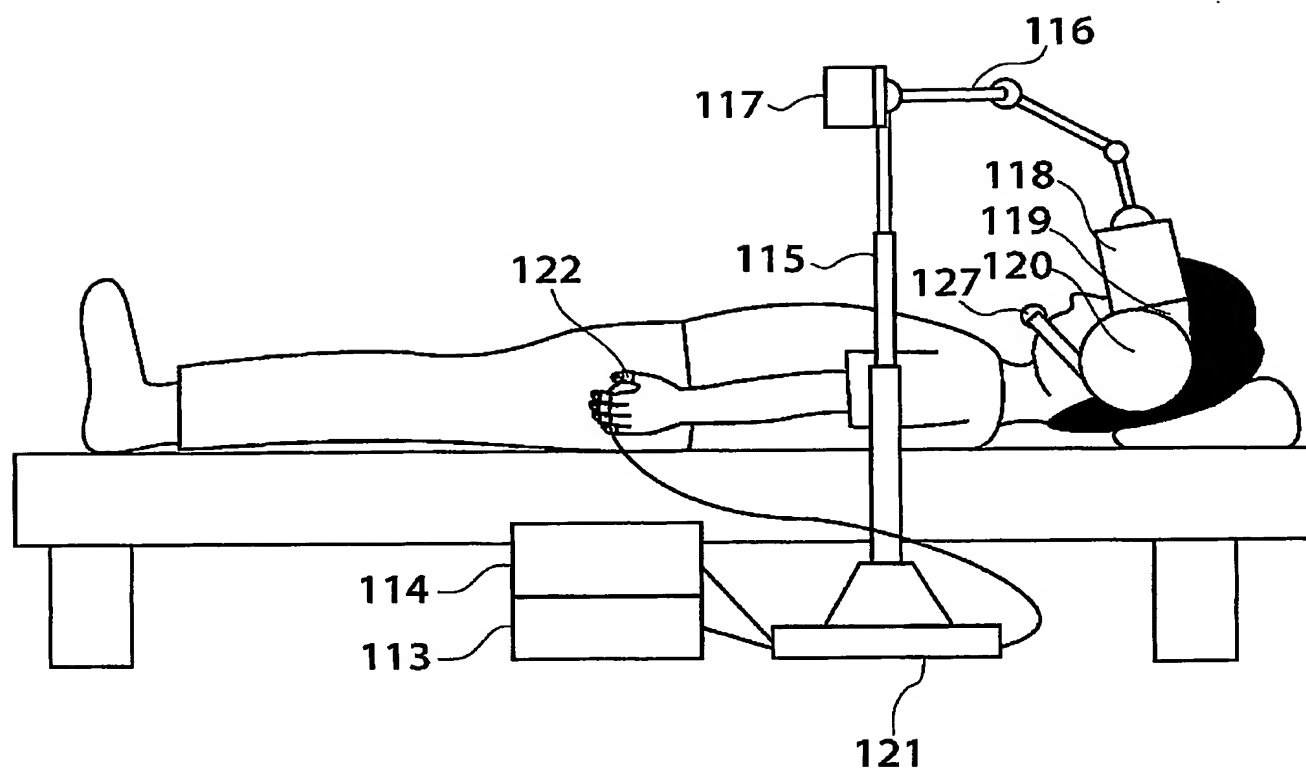
【図16】



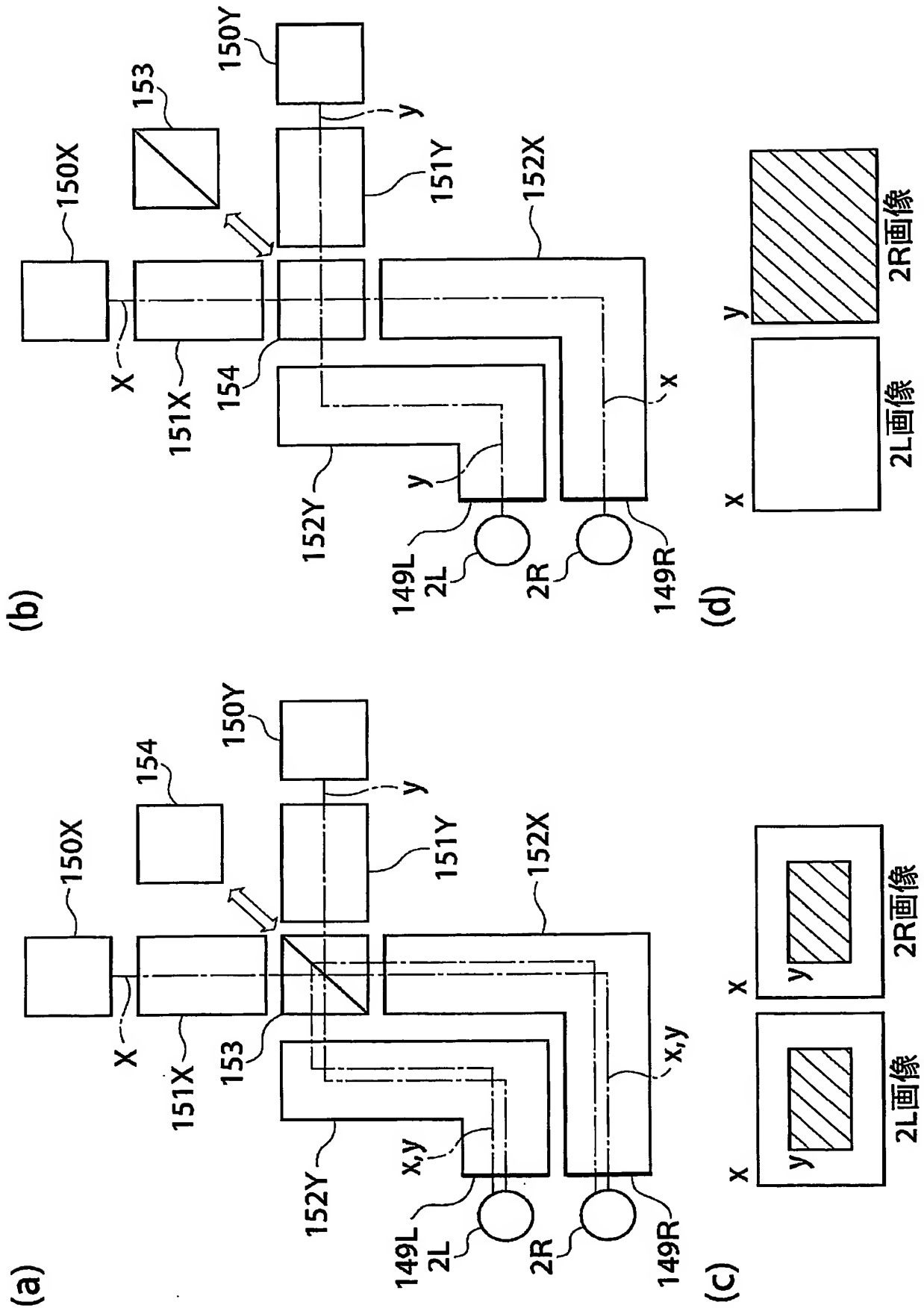
【図 17】



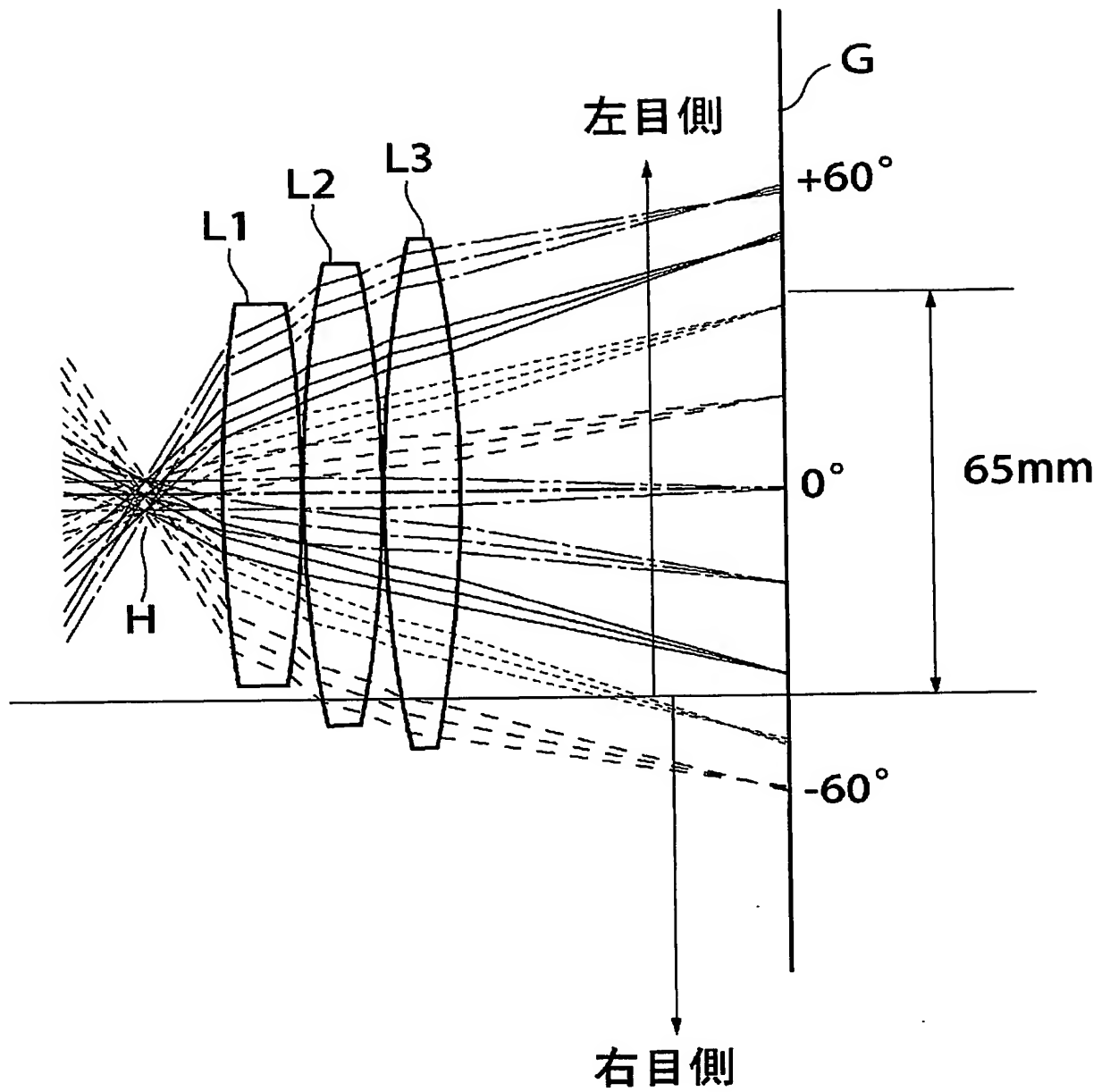
【図 18】



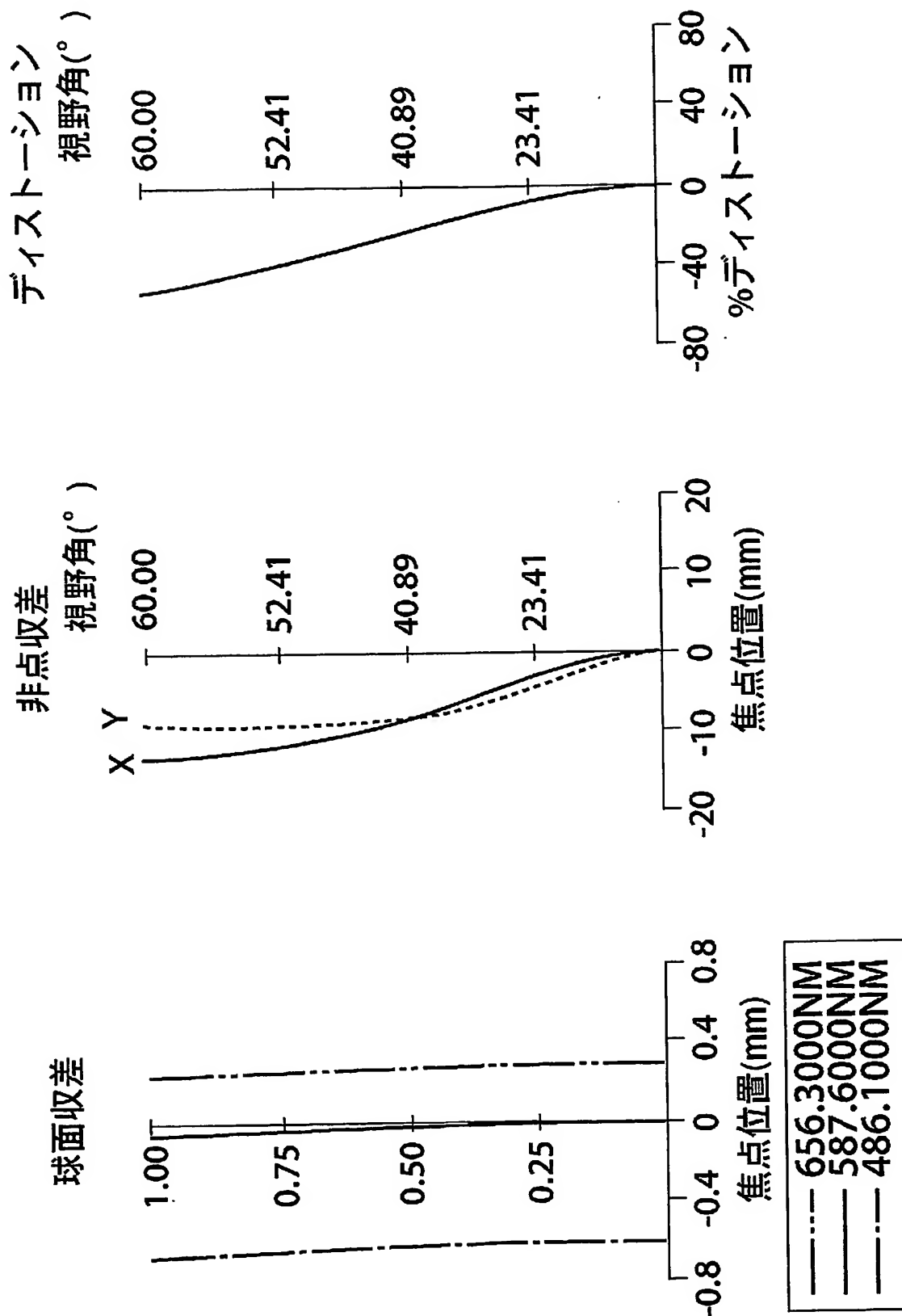
【図 19】



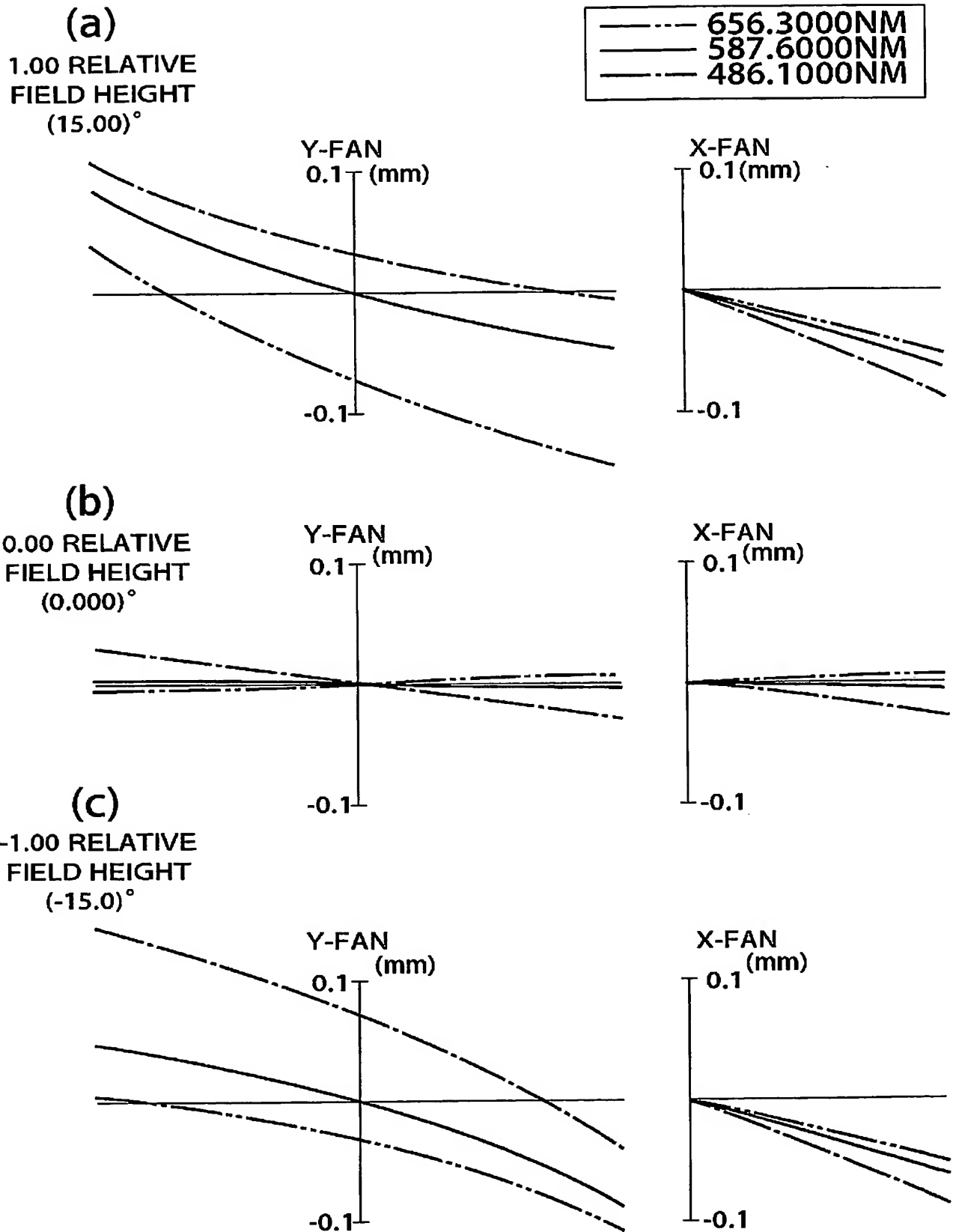
【図 20A】



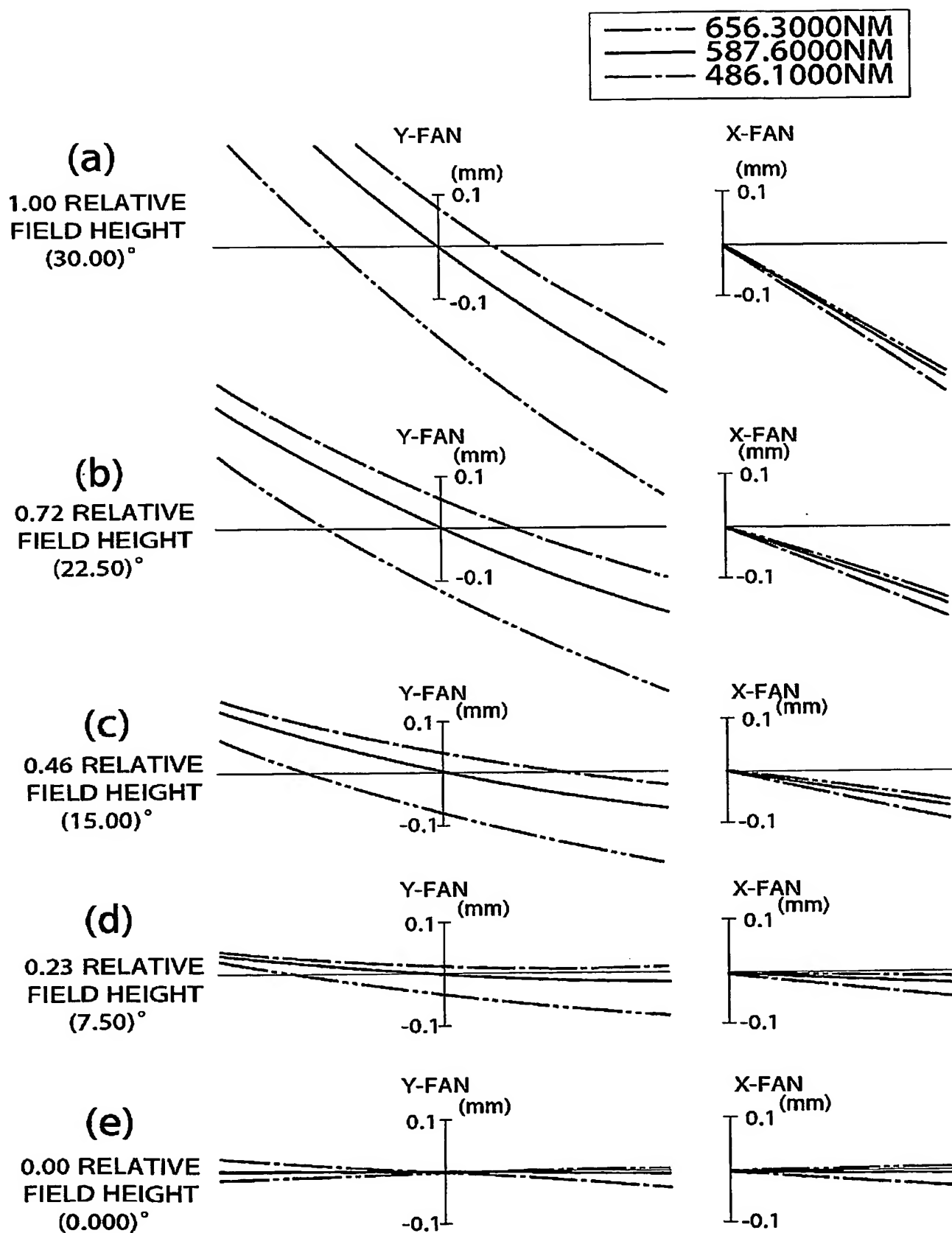
【図 20B】



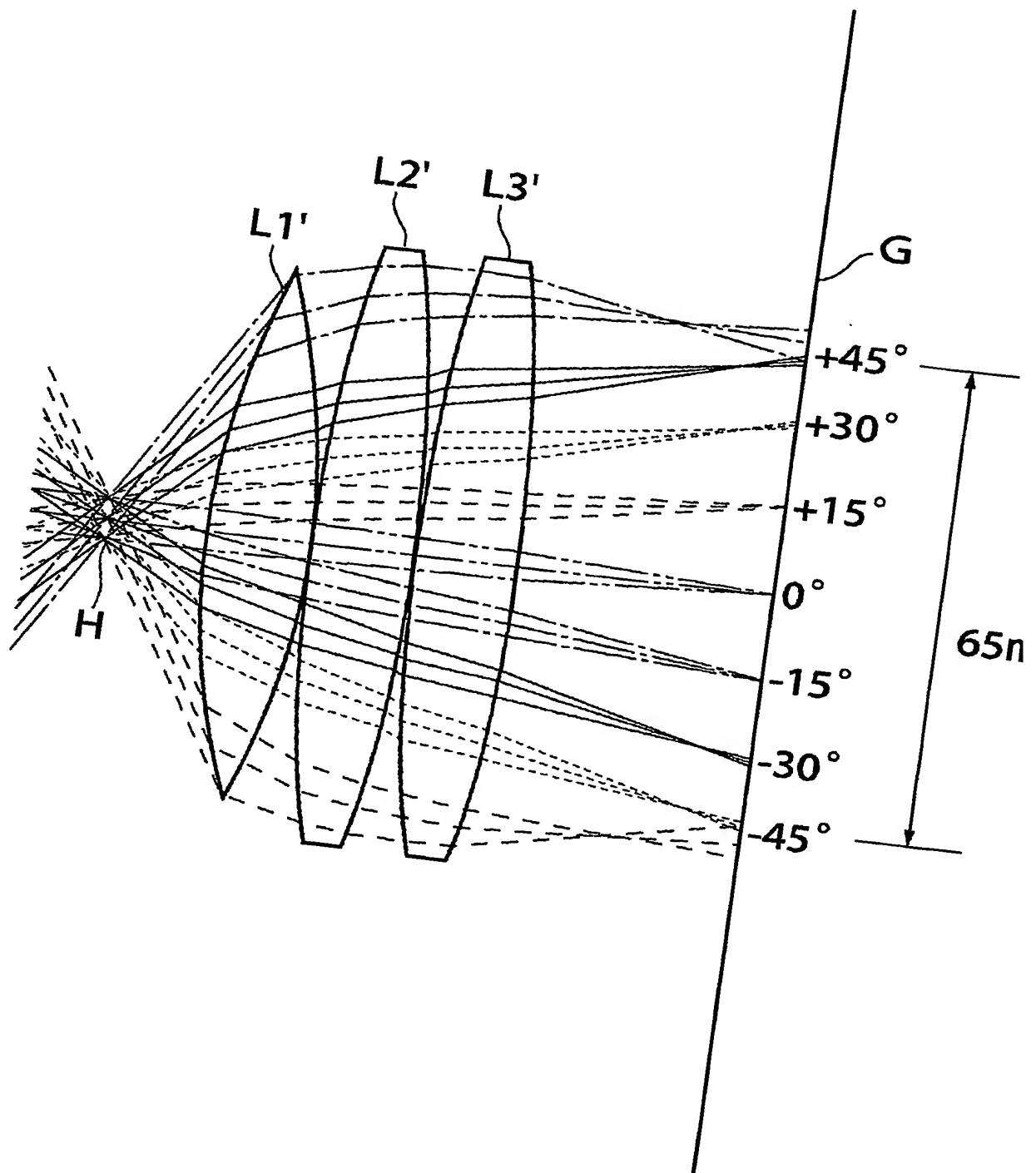
【図 20C】



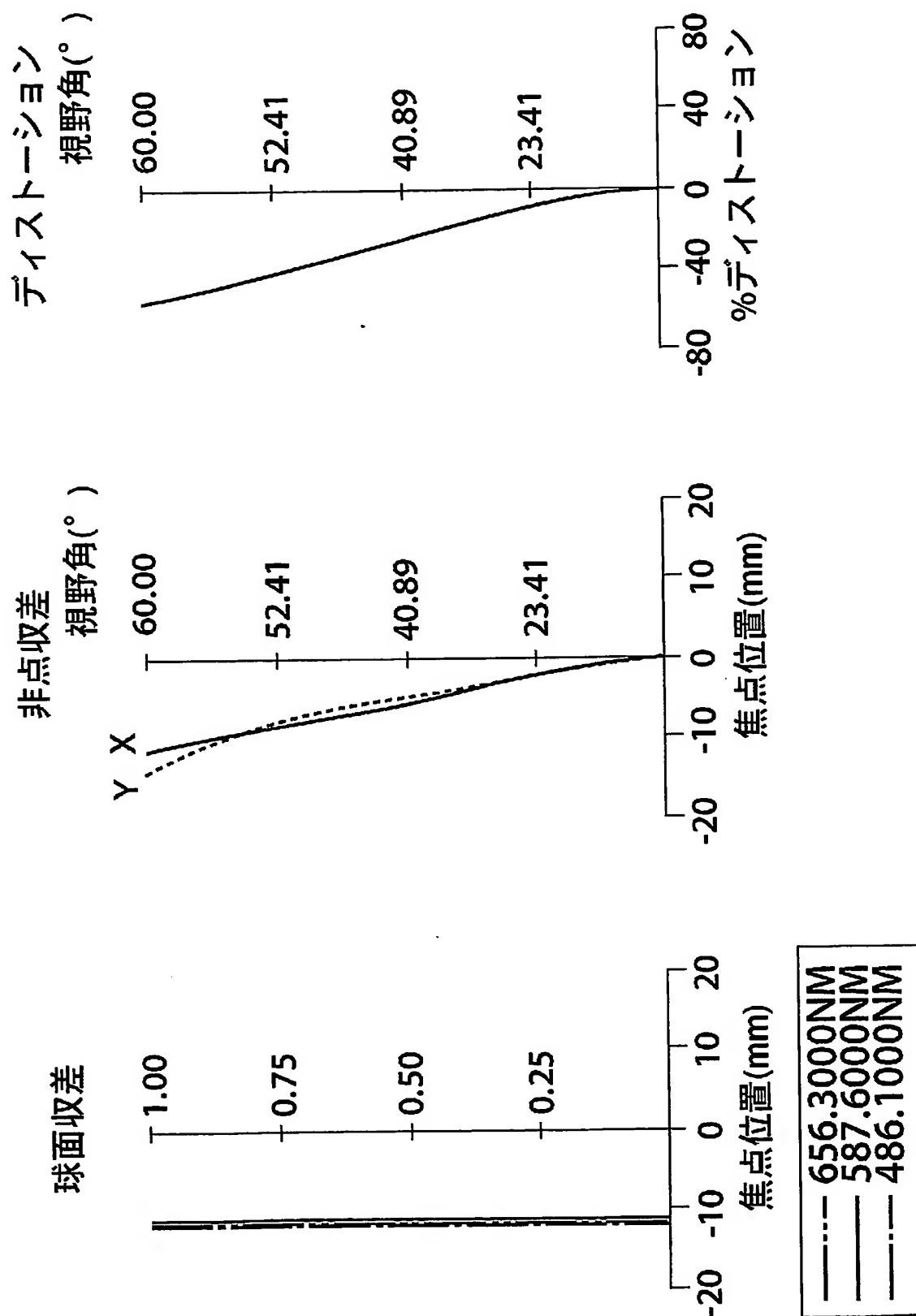
【図20D】



【図21A】



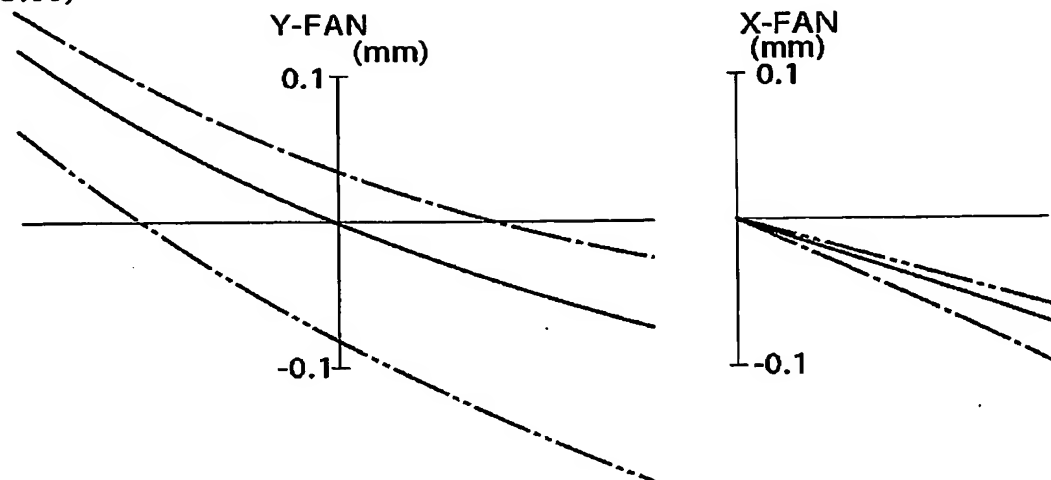
【図 21B】



【図 2 1 C】

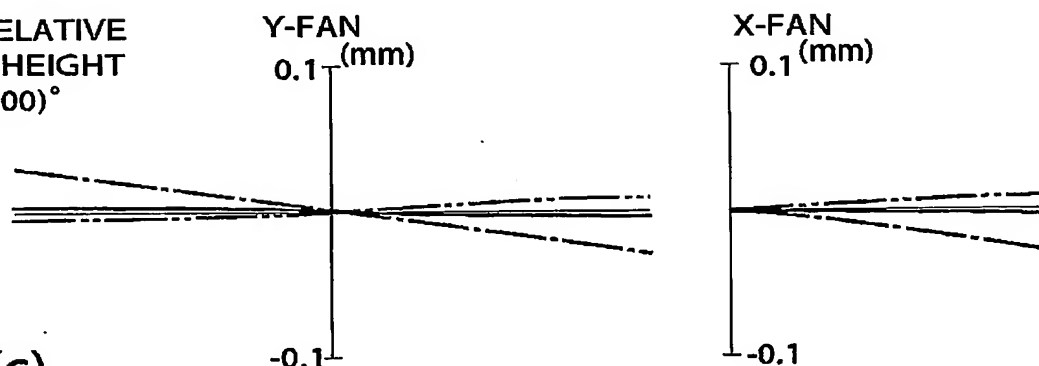
(a)

1.00 RELATIVE
FIELD HEIGHT
(15.00)°



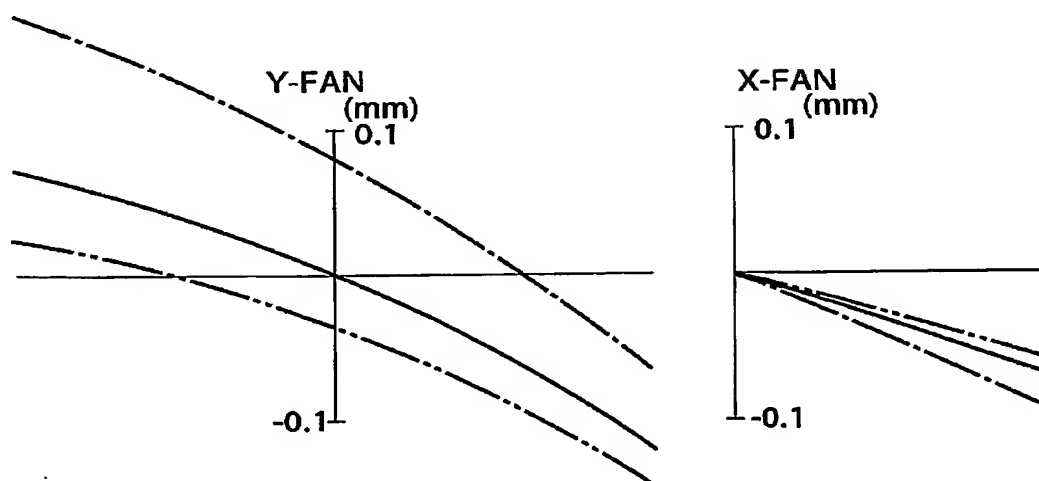
(b)

0.00 RELATIVE
FIELD HEIGHT
(0.000)°

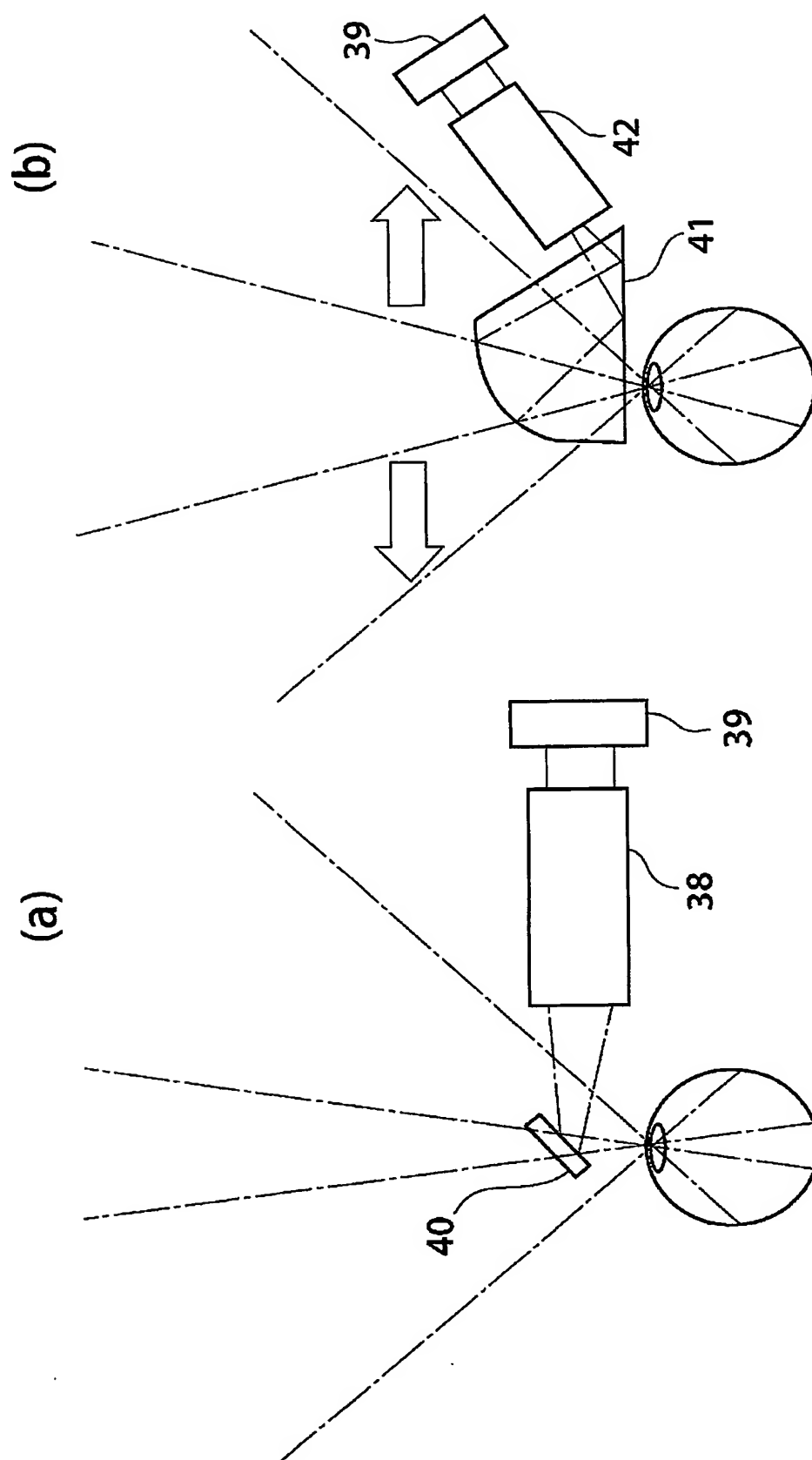


(c)

**-1.00 RELATIVE
FIELD HEIGHT
(-15.0)°**



【図 22】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 眼球を動かした時に発生する水晶体の接眼レンズ中心からのずれに対しても、その時の色収差においても、十分に良好な画像を提供できる画像表示装置を提供する。

【解決手段】 光束の偏向角度が大きい眼球の瞳Hに近い凸レンズのレンズ(L21、L22)の1面をコーニック定数 $K < 0$ のコーニック面とする一方、色収差を補正するために互いに異なる硝材を組み合わせた貼り合せレンズ(L23、L24)を設けるようにしている。貼り合わせレンズは、少なくとも2枚のレンズで構成され、かつ、貼り合せレンズの貼り合せ部は瞳側に凹面とし、かつ、貼り合せレンズの色分散は瞳H側のレンズの方が小さく、色収差補正効果が高い、凸凹凸の形状にしている。

【選択図】 図2A

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2003-348961
受付番号	50301674467
書類名	特許願
担当官	鎌田 柁規 8045
作成日	平成15年10月10日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成15年10月 8日
-------	-------------

特願 2 0 0 3 - 3 4 8 9 6 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 4 1 1 2]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

氏 名

株式会社ニコン

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record.**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.